

Institut d'Élevage et de Médecine  
Vétérinaire des Pays Tropicaux  
10, rue Pierre Curie  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Ecole Nationale Vétérinaire  
d'Alfort  
7, avenue du Général-de-Gaulle  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique  
Paris-Grignon  
16, rue Claude Bernard  
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle  
57, rue Cuvier  
75005 PARIS

---

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

---

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

METHODES D'ETUDE DES DISPONIBILITES  
FOURRAGERES LIGNEUSES  
APPLICATION AU CALCUL  
DES CAPACITES DE CHARGE

*par*

**Pierre-François DELACHARLERIE**

année universitaire 1993-1994



## SOMMAIRE

	page
Résumé	1
<b>INTRODUCTION</b>	2
<b>Première partie: CARACTERISATION DES PEUPLEMENTS LIGNEUX:</b>	3
A) Identification des formations:	3
B) Echantillonnage des parcelles d'étude:	3
II Description des communautés ligneuses:	4
A) Dénombrement:	4
1) Comptage direct:	
2) Comptage indirect:	
B) Données descriptives:	8
1) Description floristique:	
2) Description physique:	
<b>Deuxième partie: EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE:</b>	10
I Espèces et organes appréciés:	10
A) Espèces appréciées:	10
B) Organes consommés:	12
II Estimation de la biomasse foliaire:	12
A) Différentes méthodes:	12
1) Calcul de la production primaire nette:	
2) Récolte directe et mesure:	
B) Les relations d'allométrie:	13
1) Principe:	

2) Utilisation:	
3) La méthode des rameaux standards:	
III Appréciation de la dynamique de production:	17
A) Etude des cycles phénologiques:	17
B) Evaluation de l'état de feuillaison:	18
C) Influence de quelques facteurs environnementaux sur la phénologie et l'état de feuillaison:	18
Troisième partie: <b>QUANTITES DE FOURRAGE CONSOMMEES:</b>	22
I Fourrage accessible:	22
A) Hauteur de broutage:	22
B) Pénétrabilité:	22
C) Volume utile:	24
II Etude du comportement alimentaire des animaux:	24
A) Différentes méthodes d'étude:	26
1) Des observations de terrain:	
2) Les analyses microhistologiques des contenus digestifs:	
3) Modèle mathématique:	
B) Application:	27
III Quantités ingérées:	28
A) Poids du coup de dent:	28
B) Nombre total de coups de dents par jour:	29
C) Application:	29
D) Autre méthode de calcul des quantités ingérées:	29
Quatrième partie: <b>APPROCHE DE LA CAPACITE DE CHARGE:</b>	31
I Valeur nutritive des fourrages ingérés:	31
A) Difficultés de prévision de la valeur nutritive des fourrages ligneux:	31

B) Equations de prédiction:	31
II Eléments de gestion de la ressource fourragère ligneuse:	34
A) Strate ligneuse et strate herbacée:	34
B) Effet du broutage des animaux:	36
C) Niveau d'exploitation:	37
III Calcul de la capacité de charge:	37
A) Besoins des animaux:	39
B) Disponible fourrager:	39
C) Capacité de charge:	39
D) Remarque:	40
<b>PROPOSITION D'UN PROTOCOLE</b>	41
<b>CONCLUSION</b>	44
Bibliographie	45

## Résumé

Le rôle important des fourrages ligneux dans l'alimentation des ruminants est bien admis. Cependant, la connaissance de la part réelle de ces fourrages dans les régimes des animaux est difficile.

Le présent document propose une démarche générale qui regroupe les différents éléments à prendre en considération pour de telles investigations.

Tout d'abord, à l'échelle d'une zone d'étude, il faut choisir des surfaces témoins et en décrire le peuplement ligneux. Il est ensuite nécessaire d'évaluer la production fourragère, en terme de biomasse foliaire, et sa répartition au cours de l'année. Dans un troisième temps interviennent les animaux: l'étude de leur comportement alimentaire permet de connaître les quantités de fourrage ligneux réellement disponibles, les quantités consommées. La synthèse de ces données, confrontée aux besoins des animaux conduit à proposer une capacité de charge du pâturage intégrant la ressource ligneuse.

Pour chacune de ces étapes, plusieurs méthodes ont été mises au point et sont exposées ici. Certaines semblent néanmoins plus adaptées.

Il faut garder à l'esprit la complexité de l'étude des disponibilités fourragères ligneuses: longueur des protocoles, main-d'oeuvre importante, intervention de plusieurs disciplines....

L'obtention de résultats précis n'est donc pas aisée, et leur application, sur le terrain, en vue de recommandation de gestion des parcours, doit respecter le contexte défini au départ.

**Mots-clés:** Fourrage ligneux - Biomasse foliaire - Comportement alimentaire - Quantité disponible - Capacité de charge - Méthode d'étude.

## INTRODUCTION

Le rôle des fourrages ligneux dans l'alimentation du bétail est unanimement reconnu (Guèrin, 1989). On considère ainsi traditionnellement qu'ils peuvent représenter jusqu'à 30% de la ration des bovins, 50% de celle des ovins, 80% de celle des caprins.

Leur part réelle dans les régimes est cependant mal connue, et le calcul des capacités de charge se fait encore parfois en prenant seule en compte la production fourragère de la strate herbacée (Tezenas du Montcel, 1991).

Nous nous proposons donc d'effectuer une étude bibliographique des différentes méthodes mises en oeuvre pour estimer plus précisément la place occupée par les fourrages ligneux sur les parcours extensifs. On peut ainsi distinguer quatre niveaux de progression, que nous suivrons dans notre développement:

- I Caractérisation des peuplements ligneux.**
- II Evaluation de la production primaire.**
- III Quantités de fourrage consommées.**
- IV Approche de la capacité de charge.**

Enfin, si pour chacune de ces étapes, plusieurs procédés sont utilisés, certains semblent mieux adaptés, et nous tenterons ainsi de fournir, à partir de ces éléments, un "protocole standard" d'étude des potentialités fourragères ligneuses, appliquées au calcul des capacités de charge.

## **Première partie: CARACTERISATION DES PEUPEMENTS LIGNEUX:**

### **I Echantillonnage des parcelles d'études des peuplements:**

Le but est d'appréhender l'hétérogénéité des peuplements et de leur utilisation par le bétail (Ickowicz, 1994).

#### **A) Identification des formations:**

Il faut tout d'abord identifier, voire cartographier, les différentes formations, caractérisées par une certaine unité au niveau de (Hiernaux, 1980):

- la structure physique et floristique de la végétation.
- les principales données biotiques et édaphiques.

Cette étape n'est plus nécessaire s'il existe des cartes de végétation de la zone, à une échelle adaptée aux investigations prévues.

#### **B) Echantillonnage des parcelles d'étude:**

Au niveau de chaque formation, il faut ensuite réaliser l'échantillonnage des parcelles de relevés:

- par photographies aériennes,
- aux intersections du quadrillage d'une carte,
- le long d'un transect, à intervalle régulier.

Selon la méthode d'étude des densités de population, les parcelles seront carrées, rectangulaires, ou circulaires, pour des surfaces d'environ 1000 à 25000 mètres carrés (Tounkara, 1991; Ickowicz, 1994; Hiernaux, 1980).

## II Description des communautés ligneuses:

### A) Dénombrement:

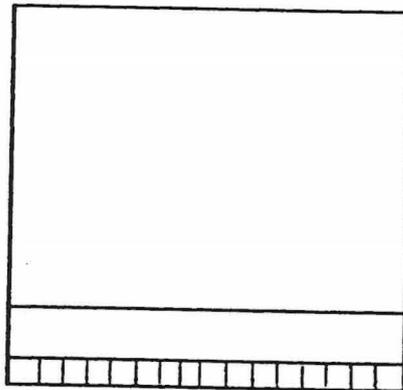
Le comptage peut être direct ou indirect.

#### 1) Comptage direct:

On réalise directement l'inventaire des différentes espèces ligneuses présentes, dans chaque parcelle, sur des surfaces de quelques centaines de mètres carrés. L'objectif minimal est de 10 ligneux par relevé (Ickowicz, 1994).

#### Exemples:

\* Hiernaux, 1980: figure 1: comptage direct sur parcelle carrée:



- parcelle-témoin:  $160 \times 160 \text{ m} = 2,56 \text{ ha}$ ;
- décompte sur les 16 carrés de  $10 \times 10 \text{ m}$ ;
- observations supplémentaires (par exemple pour une espèce à bonne valeur fourragère mais peu représentée dans les 16 carrés) sur des bandes adjacentes de 10, 20, 40, ou finalement 80 mètres de large.

\* Cissé ( 1990) cité par Tounkara (1991): cf.. figure 2

Les placeaux circulaires sont répartis le long d'un axe d'observation. La surface des placeaux est ajustée à la densité du peuplement.

## 2) Comptage indirect:

Il fait appel à des méthodes statistiques, dont la plus connue, et la plus utilisée, est celle du Quadrat Centré sur Point (Bille, 1980; Touré et Gillet, 1989; Azocar *et al.*, 1991; Ickowicz, 1994). (cf. figure 3)

Le travail s'effectue en s'appuyant sur une ligne droite, que l'on repère à intervalles réguliers. Pour chaque point-repère, l'arbre le plus proche de l'axe constitue le point central A, qui va délimiter 4 quartiers.

Pour chaque quartier, on repère l'arbre le plus proche du point central, et on mesure la distance les séparant (on dispose donc de 4 arbres supplémentaires B, C, D, E).

Donc pour chaque Quadrat, la distance moyenne entre deux arbres est:

$$d = (AB+AC+AD+AE) / 4$$

Si on a calculé d pour n Quadrats, la distance moyenne entre deux arbres à l'échelle de la parcelle est:

$$D = (d1+d2+d3+.....+dn) / n$$

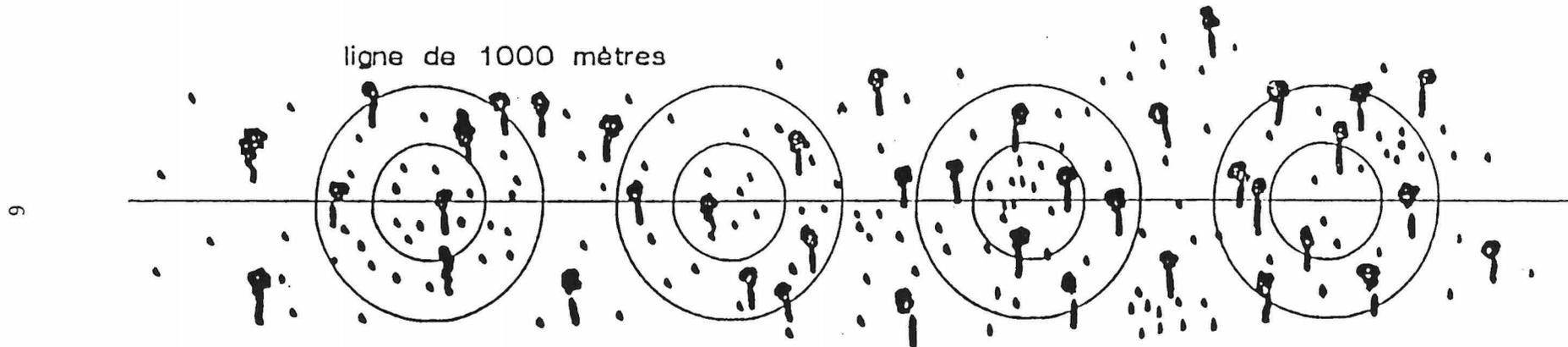
Et la densité, c'est-à-dire le nombre d'arbre à l'hectare est:

$$\text{densité} = 10000 / D^2 \quad (\text{les distances exprimées en mètres})$$

Ickowicz (1994) note une sous estimation de 10 à 20% de la densité lorsque celle-ci dépasse 300 individus à l'hectare. Mais l'avantage en est la constitution simultanée d'un échantillon aléatoire, nécessaire pour étudier la démographie, la phénologie, les productions....

**Remarque:** pour Hiernaux (1988) cité par Tounkara (1991), il peut être préférable de décompter séparément les ligneux dont la hauteur est supérieure à 2 mètres et les buissons et arbustes bas, en raison de leurs densités souvent différentes.

Figure 2: dénombrement sur surfaces circulaires (Cissé (1980) cité par Tounkara (1991))



Cas d'un peuplement "homogène" à deux strates de densité très contrastée

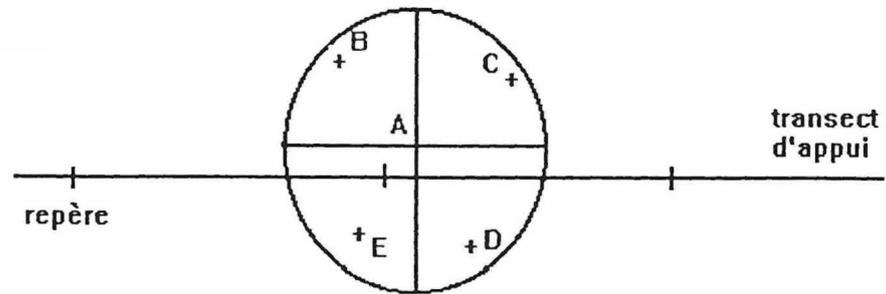


Figure 3 : méthode des Quadrats Centrés sur Points

Tableau 1: Répartition des ligneux (nombre d'individus) par classe de circonférence du tronc et sur des reliefs différents (d'après Bille (1980)):

circonférence (en cm)	crêtes	flancs	pentés
0-10	1	31	53
10-20	17	148	190
20-30	10	30	38
30-40	10	6	9
40-50	5	4	1
50-60	3	2	1
60-80	2	3	0

## **B) Données descriptives:**

### **1) Description floristique:**

Chaque ligneux décompté doit être identifié (espèce).

### **2) Description physique:**

On mesure principalement le diamètre (ou la circonférence) du tronc. Tounkara (1991) souligne le problème du choix de la hauteur de cette mesure: il cite les pratiques de foresterie (1,30 m), Piot *et al.* (1980) à la base, Cissé (1980) à 40 centimètres du sol.

On peut enregistrer aussi la hauteur totale, le diamètre du houppier, etc...(cf. figure 4).

La synthèse de ces enregistrements (décompte, description floristique, paramètres physiques) permet l'analyse des peuplements (Bille, 1980; Hiernaux, 1980):

- répartition des espèces;
- répartition, pour chaque espèce, par catégories de diamètre de tronc (ce qui peut se traduire graphiquement ou par des relations mathématiques);
- évaluation du potentiel de régénération de l'espèce, équilibre des classes d'âge;
- enfin, si on réalise plusieurs échantillonnages au même endroit à des époques différentes, on peut suivre l'évolution du peuplement, sous l'effet du climat, de l'exploitation....

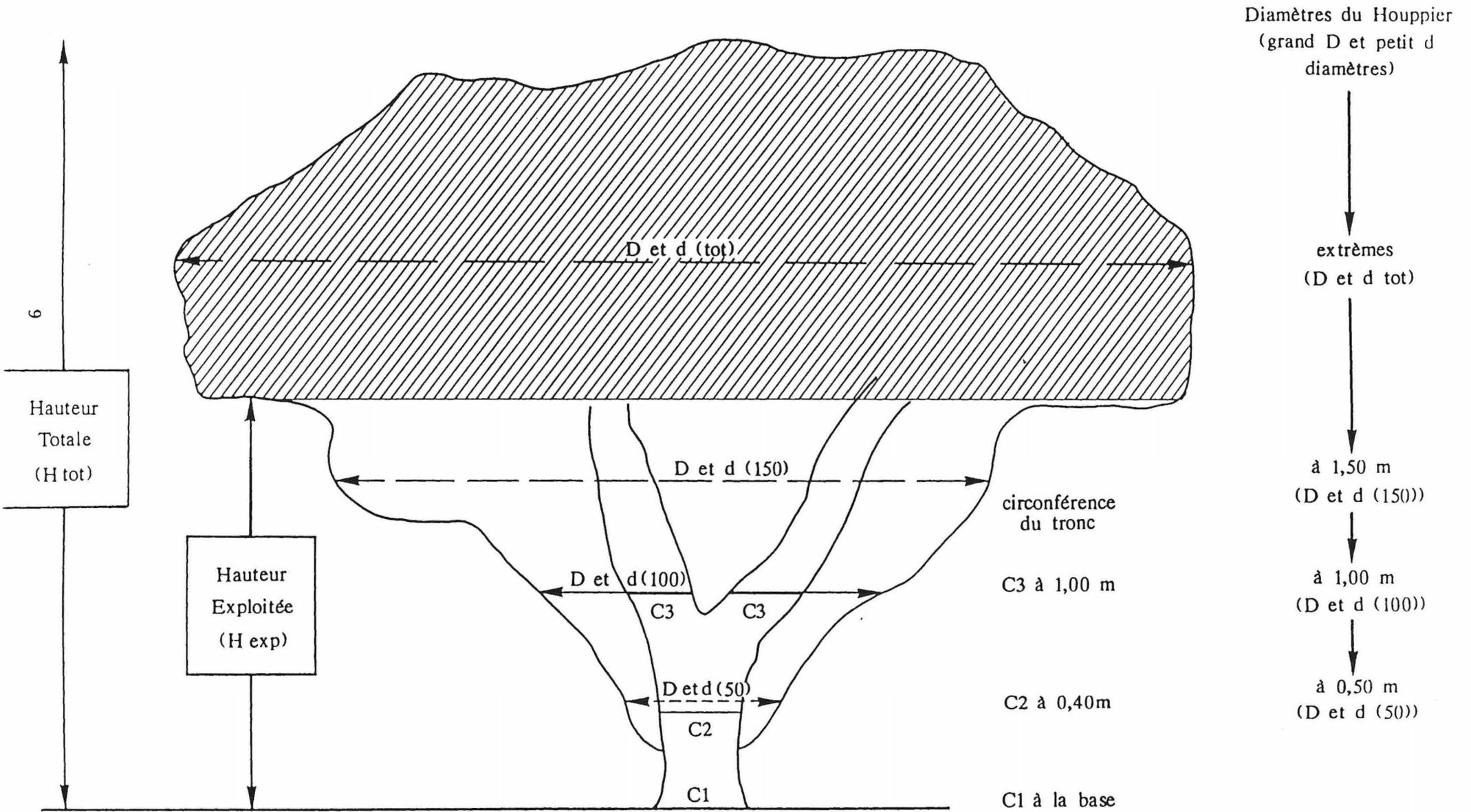
(cf. tableau 1)

**A l'issue de cette première étape, on doit donc disposer:**

- de la connaissance des différentes formations végétales de la zone d'étude;
- d'un échantillon de parcelles, représentatif de cette zone;
- de la connaissance, dans ces parcelles, de la population ligneuse (densité par espèces, paramètres physiques...).

Par un cheminement inverse, on connaît donc la population ligneuse à l'échelle de la zone entière.

Fig 4 : Mesure des mensurations sur un arbre-échantillon comprenant une strate exploitée et une strate non exploitée.  
 (Touunkara, 1991)



## Deuxième partie: EVALUATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE:

Cette évaluation doit se faire espèce par espèce.

### I Espèces et organes appréciés:

#### A) Espèces appréciées:

Il est d'abord nécessaire de connaître, dans la zone d'étude, les principales espèces ligneuses fourragères.

La bibliographie fournit des données abondantes. Les différents auteurs (Walker (1980) au Zimbabwe, Bodji et N'Guessan (1989) en Côte d'Ivoire, Tibaoui et Zouaghi (1991) en Tunisie) classent les espèces en très appréciées, moyennement appréciées, peu appréciées, refusées...(tableau 2)

Pour compléter ces données, on peut procéder à des essais d'apprétabilité (Robledo *et al.*, 1991). De même, Rios *et al.* (1989) ont pratiqué de tels essais en Espagne. Ils ont ainsi testé plus de 60 espèces de ligneux, en alimentant à l'enclos un petit troupeau de moutons locaux. L'apprétabilité, dite apprétabilité relative, de chaque espèce est alors évaluée par le rapport:

$$AR = \frac{\text{quantité consommée}}{\text{quantité offerte}} * 100$$

et pour lequel on peut proposer l'échelle suivante:

**Tableau 3: degrés d'apprétabilité des ligneux (d'après Le Houérou (1980))**

apprétabilité	AR
hautement apprétable	90-100%
très apprétable	65-90%
apprétable	45-65%
moyennement apprétable	10-45%
faiblement apprétable	1-10%

Tableau 2 : Intérêt Fourrager des ligneux (Walker, 1980)

THE MORE IMPORTANT BROWSE SPECIES IN SOUTHERN AFRICA, EXCLUDING THE KAROO AND SUCCULEN

3 = very palatable, 2 = palatable, 1 = eaten but not selected, 0 = unpalatable, v = occurs in the vegetation type but browse value not known. Two symbols separated by a / indicate that both degrees of palatability have been noted.

Species	Vegetation type						
	Arid savanna	C. Mopane	Acacia savanna	Mixed savanna	Baikiaea shrub	Miombo	Alluviu
<i>Acacia albida</i>							2/3
<i>A. ataxacantha</i>	v		v	1	1		v
<i>A. erioloba</i>			2	2			1
<i>A. karoo</i>	2		2	2		2	
<i>A. nigrescens</i>	1	1	1				v
<i>A. nilotica</i>			1	1			
<i>A. tortilis</i>	2	2	2	2			3/2
<i>Albizzia harveyi</i>	1		v	1			
<i>Balanites aegyptiaca</i>	2	1					2
<i>B. maughanii</i>	2	2					3
<i>Baphia massaiensis</i>					1		
<i>Bauhinia macrantha</i>				1	2	1	
<i>Boscia albitrunca</i>	2	2	v				
<i>Brachystegia</i> spp.						1/0	
<i>Burkea africana</i>				1/0	1	1/2	
<i>Canthium gilfillani</i>				3			
<i>Capparis tomentosa</i>	1/3	1		v			3/1
<i>Colophospermum mopane</i>	1	1/2	1				
<i>Combretum apiculatum</i>	2	2	1	1/2			
<i>C. eleagnoides</i>	1	2		1			
<i>C. fragans</i>	2	3					
<i>C. hereroense</i>	v			1			
<i>C. imberbe</i>	1		1				v
<i>C. mossambicense</i>	3						3/2
<i>C. molle</i>				2/3		2	
<i>C. zeyheri</i>				2	2	2	
<i>Commiphora africana</i>	2	2	v				
<i>C. mollis</i>	1			1			
<i>c. pyracanthoides</i>	1	1					
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	2	2	2				
<i>Dichrostachys cinerea</i>	2/0	1	1	v	2		
<i>Diospyros mespiliformis</i>	1		v				v
<i>Dombeya rotundifolia</i>				1		v	
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>				3	2	3	
<i>Euclea divinorum</i>	0/1	0		0			
<i>E. undulata</i>	0		v	2		v	
<i>Erythrophleum africanum</i>				v	1	v	
<i>Erythroxyllum zambesiicum</i>		2		v			2
<i>Friesodelsia obovata</i>		2					2
<i>Gardenia spatulifolia</i>	3		2				2
<i>Grewia bicolor</i>	1	2	1	2			
<i>G. flava</i>	3		1	2			
<i>G. flavescens</i>	2	2	1	1		1	
<i>G. monticola</i>	1		v	1			v
<i>Julbernardia globiflora</i>						2/1	
<i>Kirkia acuminata</i>	0	0					
<i>Lannea discolor</i>			1	v	v	2	
<i>L. stuhlmannii</i>	2	3/2	v				
<i>Lonchocarpus capassa</i>	3	3	2				1/3
<i>Maerua parvifolia</i>	1	1	1				
<i>Maytenus heterophylla</i>				2			
<i>M. senegalensis</i>	0/1						
<i>Monotes glaber</i>						1/2	
<i>Mundulea sericea</i>				3			
<i>Ochna pulchra</i>				0	1	v	
<i>Pappea capensis</i>	2			2			
<i>Piliostigma thonningii</i>			2	2		2	
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>				1		2	
<i>Pterocarpus brenanii</i>	1	1					
<i>Schotia brachypetala</i>	2						2
<i>Securidaca longipendunculata</i>				2		2	
<i>Securinea virosa</i>				2		2	
<i>Sclerocarya caffra</i>	2/1	2	1	1			
<i>Strychnos innocua</i>	2	2					
<i>S. pungens</i>				3			
<i>S. spinosa</i>	0/1			0/1		1	
<i>Terminalia prunioides</i>	v	1		v			
<i>T. sericea</i>	0			0/1	0/1	0	
<i>Vitex mombassae</i>				v		1	
<i>Ximenia americanum</i>	2	2/3	2/3				2
<i>X. caffra</i>				2			v
<i>Ziziphus mucronata</i>	2/0		2	2		v	

## **B) Organes consommés:**

Il faut aussi inventorier les organes consommés. Il s'agit principalement (Bille, 1980; Guérin, 1989; Tounkara, 1991):

- des feuilles;
- des jeunes rameaux: les jeunes tiges sont en effet consommées, et peuvent représenter une fraction de la biomasse ligneuse non négligeable:

**Tableau 4: part des branches et branchettes (diamètre inférieur à 5 cm) en % de la biomasse totale de l'arbre (Bille, 1980)**

Balanites	10-15
Acacia Senegal	15-25
Guiera	30-45

- des fleurs et des fruits (gousses de légumineuses en particulier), qui peuvent constituer un appoint intéressant.

L'écorce est sans intérêt pour les animaux domestiques.

Ainsi, certaines espèces ligneuses offrent-elles des produits fourragers très diversifiés. Cependant, seule la production de feuilles est actuellement estimée dans les différentes études.

## **II Estimation de la biomasse foliaire:**

Cette estimation concernera les principales espèces identifiées comme présentant un intérêt fourrager.

### **A) Différentes méthodes:**

Il existe différentes méthodes de mesures (Bille, 1980):

**1) Calcul de la production primaire nette:** c'est-à-dire l'évaluation de l'activité chlorophyllienne.

On peut mesurer les échanges gazeux. Ce n'est pas faisable en pratique à l'échelle de l'arbre, mais possible sur quelques feuilles. Il faut ensuite extrapoler les résultats à l'arbre entier.

On peut également utiliser des radioisotopes, témoins de l'activité photosynthétique.

Ces deux méthodes présentent des difficultés techniques qui les interdisent sur le terrain.

## **2) Récolte directe et mesure:**

Ce type de procédés est plus ou moins destructif selon que l'on réalise:

- la récolte seule des feuilles qui tombent;
- la collecte partielle, puis l'estimation de la biomasse de l'arbre entier, après comptage des branches (branches primaires, branches secondaires...);
- la destruction totale de quelques individus, et l'établissement de relations avec des paramètres plus facilement accessibles: ce sont les relations d'allométrie.

## **B) Les relations d'allométrie:**

### **1) Principe: (Bille, 1980; Cissé, 1980a; Tounkara, 1991)**

Devant le caractère fastidieux et destructeur des méthodes de mesure directe, différents auteurs ont cherché à établir des relations entre biomasse foliaire et différents paramètres physiques des ligneux.

Pour se faire, il faut disposer d'une cinquantaine de sujets par espèce, répartis par classe de diamètre du tronc. Ces arbres sont abattus, les feuilles récoltées et pesées, et différentes mensurations recueillies: hauteur, diamètre du tronc, diamètre moyen de la couronne....

Différentes équations ont ainsi été établies: polynômes de degrés 1, 2, 3, logarithmes, en liaison avec ces différents paramètres. On s'accorde actuellement

pour considérer le diamètre du tronc comme le meilleur paramètre, avec des équations du type:

$$\log(\text{biomasse}) = n \cdot \log(\text{diamètre}) + k \quad \text{ou} \quad \text{biomasse} = a \cdot \text{diamètre} + b$$

Les coefficients de corrélation obtenus sont très élevés (0,86 à 0,98) (Cissé, 1980b; Azocar *et al.*, 1991).

Pour certaines espèces ligneuses cependant (*Balanites* par exemple), c'est la hauteur qui donne les meilleurs résultats (Cissé, 1980b).

Notons que ces équations sont le plus souvent établies au stade de biomasse maximale, c'est-à-dire en fin de saison des pluies, début de saison sèche.

## 2) Utilisation:

La bibliographie existante permet de disposer de ces relations d'allométrie pour de nombreuses espèces de ligneux (cf tableau 5). Il n'est donc pas nécessaire de les établir à nouveau. Cependant, leur utilisation nécessite:

- leur validation par quelques vérifications;
- leur ajustement en fonction des conditions agro-écologiques de l'étude (si elles sont différentes de celles où ont été établies les relations).

Il faut aussi utiliser les mêmes mensurations (le diamètre à la base dans les deux cas par exemple).

Cet ajustement fait appel à la méthode des rameaux standards .

## 3) La méthode des rameaux standards: (appliquée par Tounkara, 1991; Ickowicz, 1994)

Le rameau standard est une branchette de un centimètre de diamètre à sa base (deux centimètres pour les espèces à grosses tiges).

A l'établissement des relations d'allométrie, les auteurs calculent aussi le poids des feuilles de ces rameaux standards (obtenus sur les arbres ayant servi à établir les relations). On dispose ainsi de chiffres de référence (tableau 6).

**Tableau 5: relations d'allométrie entre la biomasse foliaire maximale et les mensurations des espèces ligneuses (d'après Ickowicz (1994)):**

*Handwritten note: I ? + d'après Ickowicz 1995*

Espèces	Relations d'allométrie	Source
<i>Acacia laeta</i>	$BM=142D+216,6$	Piot <i>et al.</i> , 1980
<i>Acacia raddiana</i>	$BM=52,5D-44,64$ $BM=0,5C^{2,35}$	Piot <i>et al.</i> , 1980 Cissé, 1991
<i>Acacia senegal</i>	$\ln BM=1,40 \ln C+0,46$ $BM=14,05C^{1,40}$	Poupon, 1980 Cissé, 1991
<i>Boscia senegalensis</i>	$\ln BM=0,47 \ln S+0,77 \ln N+0,91 \ln H-4,85$ $BM=2,34C^{1,88}$	Cissé et Sacko, 1987 Cissé, 1991
<i>Combretum aculeatum</i>	$BM=60,57H-17,66$ $BM=1,55C^{2,33}$	Piot <i>et al.</i> , 1980 Cissé, 1991
<i>Guiera senegalensis</i>	$BM=3,09C^{1,89}$	Cissé, 1991
<i>Pterocarpus lucens</i>	$BM=0,95C^{2,07}$	Cissé, 1991
<i>Ziziphus mauritiana</i>	$BM=1,38C^{1,91}$	Cissé, 1991

BM=biomasse au maximum de feuillaison en g 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 cîme en cm

S=surface de recouvrement (projection du houppier sur le sol) en cm<sup>2</sup>

N=nombre de cépées

Il faut obtenir ces mêmes chiffres, dans les conditions de l'étude. Une vingtaine de mesures, réparties sur cinq individus, sont nécessaires.

La correction des relations d'allométrie se fait alors de la façon suivante:

$$BM/B'M = bo/b'o \quad \text{soit} \quad BM = B'M * (bo/b'o)$$

(BM=biomasse maximale; B'M=biomasse maximale calculée avec la relation d'allométrie; bo=biomasse du rameau standard mesuré sur le terrain; b'o=biomasse du rameau standard dans la bibliographie)

**Remarque:** comme les relations d'allométrie, les biomasses des rameaux standards sont établis au stade de feuillaison maximum.

### **III Appréciation de la dynamique de production:**

Les données de biomasse maximale servent de base de calcul. Mais il faut également apprécier l'évolution de la biomasse au cours du temps, pour connaître sa répartition saisonnière, d'un point de vue qualitatif (phénologie) et quantitatif (état de feuillaison) (Ickowicz, 1994).

#### **A) Etude des cycles phénologiques:**

Le cycle phénologique est la succession au cours de l'année des différents stades végétatifs et de reproduction. Les cycles des ligneux, moins dépendants de la pluviosité que ceux des espèces herbacées, ne sont cependant pas simultanés pour toutes les espèces (Toukara, 1991). Ce qui permet à une strate ligneuse diversifiée de présenter presque toute l'année des organes verts et appétés.

Grouzis et Sicot (1980) proposent une méthode d'étude des cycles phénologiques:

**a) échantillonnage des individus témoins:** l'idéal est bien sûr de disposer de nombreux et grands échantillons, et de mener l'étude sur plusieurs années. En pratique, on utilise les mêmes échantillons que pour les études démographiques et de productivité.

**Tableau 6: biomasse foliaire des rameaux standards (diamètre à la base = 10 mm) de quatre espèces ligneuses à différents moments de l'année en Zambie (d'après Bille (1980)):**

mois	<i>Julhernadia peniculata</i>	<i>Isoberlinia angolensis</i>	<i>Brachystegia spiciformis</i>	<i>Brachystegia longifolia</i>
déc	16,9	26,7	24,7	26,6
janv-fév	19,5	20,0	15,5	21,0
mars	18,5	16,8	9,7	16,9
avr-mai	18,3	23,5	10,5	12,9
juin	12,5	9,8	7,2	19
juil-aout	19,8	23,1	11,3	6,1
octobre	26,5	21,1	11,4	29,8

**Tableau 7: biomasse foliaire au cours du temps (en % de la production annuelle) pour deux espèces ligneuses au Sahel (d'après Hiernaux (1980)):**

	juil	août	sept	oct	nov	déc	janv
<i>Combretum aculeatum</i>	13	37	73	94	63	40	15
<i>Commiphora africana</i>	37	68	98	23	0	0	0

**b) observations:** il faut considérer les différents stades: feuillaison, floraison, fructification, eux-même subdivisés en plusieurs périodes (cf planche 1) (Le Floch, 1969 cité par Grouzis et Sicot, 1980).

La fréquence des observations est de 2 à 3 par mois en période active de végétation, et d'environ une par mois en saison sèche.

**c) présentation des résultats:** les résultats sont présentés sous forme de diagramme, en fonction du temps: les phénogrammes (cf figure 5).

### **B) Evaluation de l'état de feuillaison:**

Le but est ici de comparer la biomasse foliaire totale au temps t, avec la biomasse maximale calculée précédemment, qui sert de référence. On utilise à nouveau la méthode des rameaux standards, en mesurant cette fois la biomasse foliaire de ces rameaux au cours de l'année (Toukara, 1991; Ickowicz, 1994).

La relation qui donne la biomasse totale au temps t est alors:

$$B_t/B_M = b_t/b_o \quad \text{soit} \quad B_t = B_M * (b_t / b_o)$$

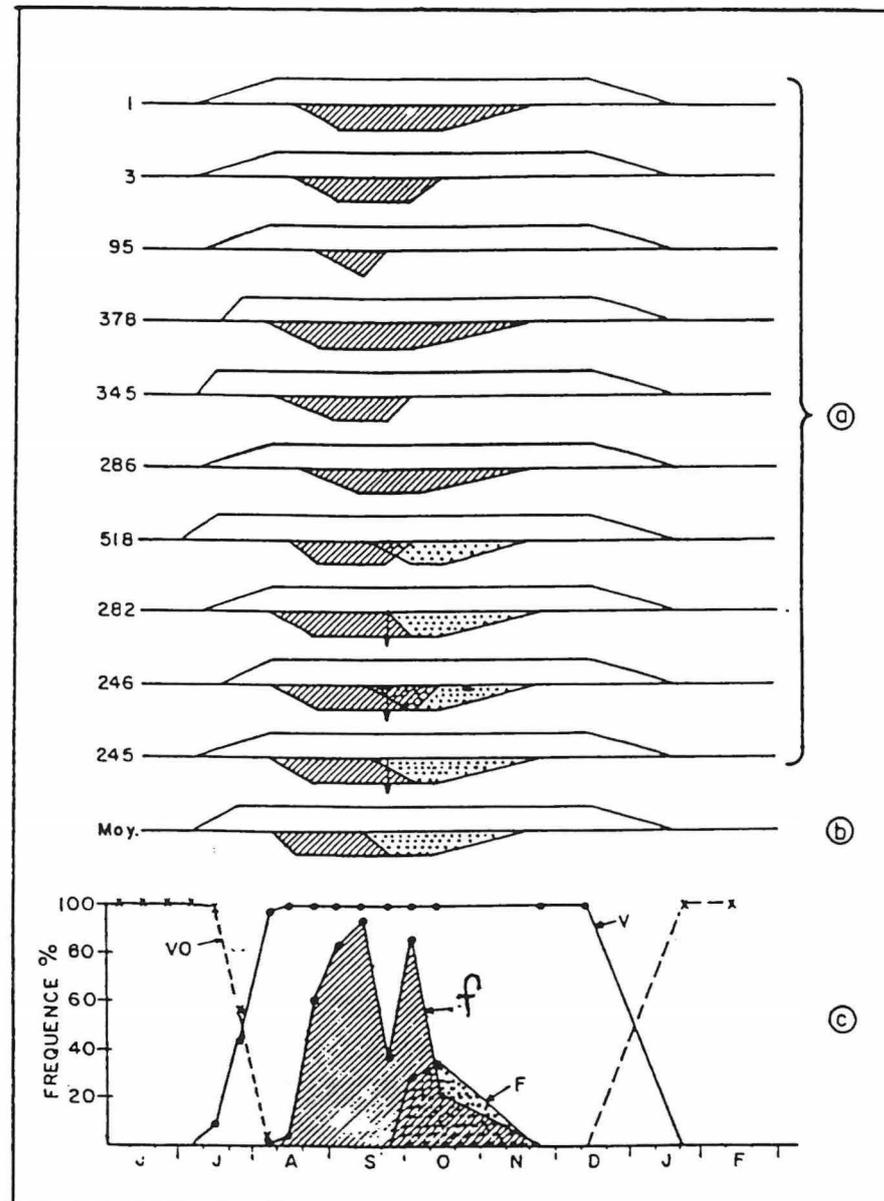
( $B_t$ =biomasse foliaire totale au temps t;  $b_t$ =biomasse du rameau standard au temps t)

On peut ainsi proposer une répartition saisonnière de la production foliaire (tableau 7).

### **C) Influence de quelques facteurs environnementaux sur la phénologie et l'état de feuillaison:**

Grouzis et Sicot (1980), et Kouonmenioc (1989) ont étudié en particulier le rôle de la température, de l'humidité relative de l'air, des précipitations, de l'humidité du sol. Ils concluent en l'importance du déficit hydrique (au niveau du sol surtout, donc indirectement au niveau des précipitations et de l'air).

Ainsi, la chute des feuilles correspond-t-elle en général à une chute de l'humidité de l'air et du sol. Inversement, chaque vague de floraison est liée à un pic d'humidité du sol.



*Acacia nilotica* var. *adansonii* (Guill. et Perr.) O. Ktze.  
Phénogrammes de quelques individus (a), phénogramme moyen (b) et spectre phénologique de la population (c) au cours du cycle 1978. Sur le diagramme sont représentées les variations en fonction du temps, des fréquences de feuillaison (V), de floraison (f), de fructification (F) et de la phase sans feuilles (Vo). La flèche au niveau des phénogrammes des individus 282, 246, 245 indique que le stade f1 a été observé.

**Figure 5: exemple de phénogramme quantitatif établi à partir de l'observation des cycles de feuillaison, floraison et fructification de dix *Acacia nilotica* (Grouzis et Sicot, 1980):**

Planche 1 :

**Définition morphologique des différents stades phénologiques:**  
(d'après Le Floch (1969) cité par Grouzis et Sicot (1980))

**Feuillaison:**

- V1: gonflement des bourgeons, pas de développement des feuilles.
- V2: bourgeons de feuilles et bourgeons ouverts (entre 10 et 50%).
- V3: feuilles complètement ouvertes.
- V4: feuilles entières et feuilles sèches, ou feuilles ayant changé de couleur (entre 10 et 50%).
- V5: feuilles présentant les mêmes caractéristiques qu'à l'étape précédente mais en proportion supérieure (plus de 50%).

**Floraison:**

- f1: bourgeons floraux seulement.
- f2: bourgeons floraux et fleurs ouvertes (entre 10 et 50%).
- f3: plus de 50% des fleurs épanouies.
- f4: fleurs épanouies et fleurs desséchées (entre 10 et 50%).
- f5: fleurs desséchées en majorité et vestiges d'éléments floraux.

**Fructification:**

- F1: étape initiale.
- F2: développement des fruits jusqu'à leur taille normale.
- F3: maturité.
- F4: fruits mûrs et début de la dissémination (ouverture des cosses ou chute des fruits).
- F5: fruits desséchés et tombés.

Sur le terrain, les conséquences de ces variations environnementales s'apprécient à plusieurs niveaux::

- celui de l'individu: en liaison avec l'âge par exemple, qui détermine le début de la floraison (Poupon (1977) cité par Grouzis et Sicot (1980));

- celui de l'espèce: certaines espèces de ligneux se révèlent relativement insensibles (ex: *Boscia senegalensis*), d'autres beaucoup plus (ex: *Combretum aeculatum*);

- celui de la zone: d'un site à l'autre la feuillaison sera plus ou moins précoce, la floraison plus ou moins longue....

- celui de l'année: les résultats varient d'une année à l'autre, pour un même site.

Pour ces raisons, on ne peut se contenter d'utiliser les données de la bibliographie, sans s'assurer de la correspondance des conditions agro-écologiques. De plus, comme pour le calcul de la biomasse maximale par les relations d'allométrie, certaines vérifications de terrain sont à effectuer.

**Cette deuxième étape doit fournir:**

- le catalogue des principales espèces ligneuses d'intérêt fourrager;**
- la biomasse foliaire au maximum de feuillaison;**
- la répartition de cette biomasse au cours de l'année, par saison.**

## **Troisième partie: QUANTITES DE FOURRAGE CONSOMMEES:**

Les deux premières étapes consistent à évaluer la quantité totale de fourrage produit par la strate ligneuse. Le rôle de l'animal n'a pas encore été abordé, excepté pour l'identification des espèces ligneuses présentant un intérêt fourrager.

Cependant, sur parcours, en l'absence d'intervention de l'homme, seule une fraction de la production foliaire est accessible aux animaux. De plus, les différentes espèces ligneuses ne sont pas consommées de façon égale.

### **I Fourrage accessible:**

Pour les ligneux de petite taille, accessibles dans leur ensemble, cette étape n'est pas nécessaire (biomasse totale = biomasse utile ou utilisable). En revanche, elle est indispensable pour les espèces de grande taille: la biomasse utile n'est en effet pas estimable directement par des relations d'allométrie (Toutain *et al.* (1983) cités par Tounkara (1991)).

#### **A) Hauteur de broutage:**

Le premier facteur limitant de l'utilisation de fourrages ligneux par l'animal est la hauteur. Pour les bovins, ovins et caprins, on situe habituellement cette valeur entre 1,5 et 2 mètres.

Tounkara (1991) trouve des valeurs maximales de 1,50 mètres pour les ovins, 1,75 voire 2 mètres pour les bovins ou caprins, mais des moyennes respectivement de 0,8 et 1 mètre. Il faut noter que la hauteur de broutage varie:

- en fonction de l'espèce animale;
- en fonction de l'espèce végétale;
- en fonction de la pression de pâturage.

cf. tableau 8 et 9

#### **B) Pénétrabilité:**

La fraction accessible est également conditionnée par la profondeur d'exploitation du houppier, c'est-à-dire sa pénétrabilité (Ickowicz; 1994). Il

**Tableau 8: moyennes des hauteurs de broutage (en cm) (30 arbres ou arbustes par espèce ou par parcelle) (d'après Tounkara (1991)).**

Espèces	I	III	IV	V	VI	Ensemble des parcelles
<i>Acacia senegal</i>	105	88	97	120	114	105
<i>Acacia seyal</i>	-	-	98	110	-	104
<i>Acacia raddiana</i>	83	-	64	103	-	83
<i>Balanites aegyptiaca</i>	111	88	90	108	114	102
<i>Boscia senegalensis</i>	90	57	16	51	77	64
<i>Calotropis procera</i>	76	57	109	104	119	93
<i>Combretum aculeatum</i>	99	84	96	126	86	98
Moyenne pour les cinq espèces	96	75	88	102	102	92

I: parcelle 1, bovins, charge faible; III: parcelle 3, ovins, charge faible; IV: parcelle 4, ovins, charge forte; V: parcelle 5, caprins, charge faible; VI: parcelle 6, caprins, charge forte.

**Tableau 9: quantité de feuilles directement accessible par l'animal (en dessous de deux mètres) en fonction de la hauteur de l'arbre, en % de la biomasse totale, au Sahel (Hiernaux, 1980):**

hauteur	<i>Pterocarpus lucens</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Acacia seyal</i>
0-1	-	-	100
1-2	100	100	100
2-3	81	37	59
3-4	42	16	15
4-5	27	7	8
5-6	8	3	-
6-7	6	5	7
7-8	7	0	-

faudrait donc enregistrer également cette profondeur d'exploitation, qui dépend elle aussi de l'espèce animale, l'espèce végétale (forme du houppier notamment) et la pression de pâturage.

Cet enregistrement pose le problème de la répétabilité à grande échelle. Il est donc difficile d'en tenir compte pour chaque espèce ligneuse et pour chaque espèce animale.

### **C) Volume utile:**

Ickowicz (1994) réunit ces deux facteurs (hauteur de broutage et pénétrabilité) par la notion de volume utile: les différentes espèces ligneuses peuvent être regroupées selon leur port, en quelques catégories. A chaque catégorie de port, on peut faire correspondre une forme géométrique, ce qui permet de calculer le volume total du houppier, ainsi que le volume inférieur (selon la hauteur de broutage), assimilé au volume utile (figure 6 et tableau 10).

On a alors:

$$\frac{\text{biomasse totale}}{\text{biomasse utile}} = \frac{\text{volume total (Vt)}}{\text{volume utile (Vu)}}$$

$$\text{donc } \text{biomasse utile} = \text{biomasse totale} * (\text{Vu} / \text{Vt})$$

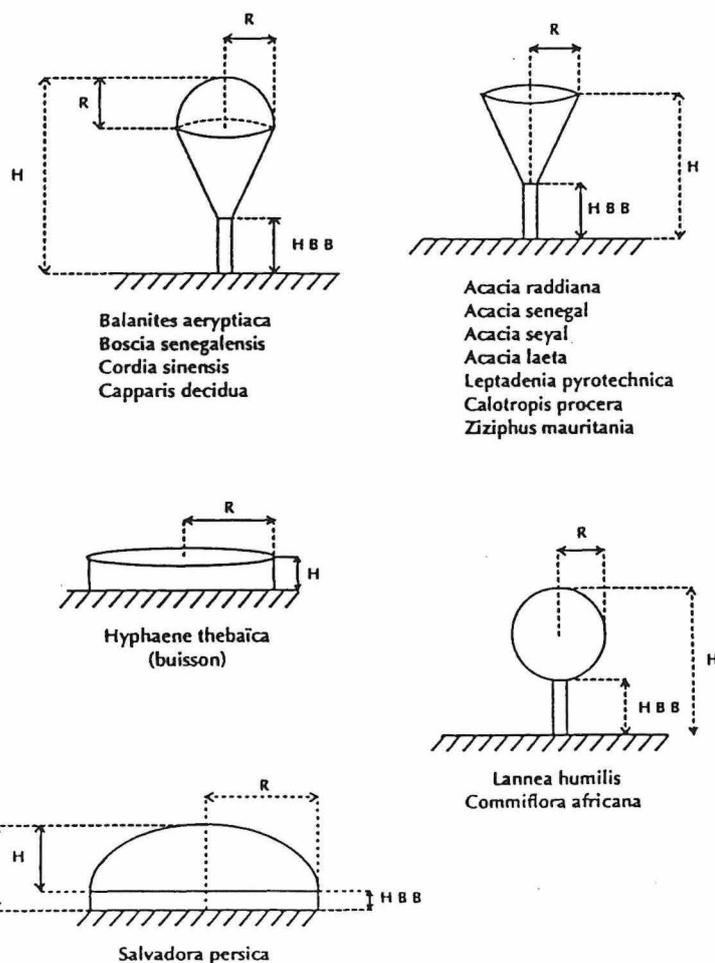
Une fois encore, la simplification des études passe par l'utilisation des données existantes dans la bibliographie, après validation pour les conditions propres de terrain, ou complément.

## **II Etude du comportement alimentaire des animaux:**

Le but est d'apprécier la part de chaque espèce ligneuse dans le régime des animaux, c'est-à-dire la composition botanique du régime.

**Tableau 10: volume total du houppier (Vt), volume du houppier en dessous de 1,5 m (Vd) et volume du houppier en dessous de 1,5 m et accessible aux animaux en profondeur (Va), en mètres cubes, de quelques espèces ligneuses au Sénégal (d'après Ickowicz (1994)):**

Espèces	Vt	Vd	Va
<i>Acacia senegal</i>	171,8	2,9	2,5
<i>Boscia senegalensis</i>	15,8	12,6	12,6
<i>Calotropis procera</i>	47,9	21,7	21,7
<i>Capparis decidua</i>	232,1	33,6	26,0
<i>Commiphora africana</i>	8,2	1,1	1,0
<i>Cordia sinensis</i>	53,6	29,4	11,9
<i>Hyphaene thebaïca</i>	2,6	2,6	2,6
<i>Lannea humilis</i>	46,0	2,2	1,8
<i>Salvadora persica</i>	143,3	77,7	14,9



**Figure 6 : Formes attribuées aux espèces ligneuses pour le calcul des volumes de houppier (Ickowicz, 1994)**

## **A) Différentes méthodes d'étude:**

Guèrin (1988) fait l'inventaire des objectifs et des méthodes d'étude. Il distingue:

### **1) Des observations de terrain:**

Ces méthodes sont plus ou moins précises, et permettent selon les cas des résultats seulement qualitatifs, ou quantitatifs. Il faut observer les animaux sur le terrain.

La plus simple consiste à énumérer les espèces et les organes apparemment les plus consommés, ce qui permet de faire un classement par niveau d'appétibilité. C'est une étape indispensable (cf. deuxième partie) mais insuffisante pour toute quantification.

Pour ce faire, il faut décompter, pour chaque espèce animale, les prises alimentaires de chaque espèce végétale. Pour les bovins, l'unité de prise alimentaire est la bouchée, pour les petits ruminants il s'agit du coup de dent.

Des observations répétées sont nécessaires (exemple (Bourbouze (1980) cité par Guèrin(1988): cinq chèvres durant des séquences de 30 minutes, deux jours de suite, à chaque saison caractéristique de pâturage; 10 minutes par demi-heure, durant trois à quatre jours, en milieu très hétérogène).

### **2) Les analyses microhistologiques des contenus digestifs:**

Cet ensemble de méthodes repose sur la reconnaissance des épidermes végétaux (cellules, stomates, poils...) dont la forme est spécifique de chaque espèce.

La première étape consiste à réaliser un catalogue de référence des différentes espèces végétales de la zone, si possible à des saisons, des stades de développement, et pour des organes, différents.

Les échantillons analysés par la suite au microscope sont des bols oesophagiens, des contenus de rumen ou des fécès.

Les difficultés méthodologiques sont nombreuses (Planton, 1989): constitution du catalogue de référence, conservation et traitement des échantillons, entretien des animaux fistulés (au niveau oesophagien ou ruminal),

etc...En revanche, ces analyses sont plus rapide, plus précises et plus standardisables que les observations de terrain (Guèrin, 1988).

### 3) Modèle mathématique:

Enfin, Génin (1991) propose un modèle prévisionnel des choix alimentaires. Il considère ainsi le choix alimentaire comme dépendant de:

- la probabilité de rencontre de l'aliment;
- l'indice structurel du coup de dent (qui traduit la proportion de feuilles et d'organes reproductifs dans le coup de dent);
- l'indice de qualité bromatologique (témoin de la qualité nutritionnelle);
- l'indice de sélectivité de l'animal (en liaison avec l'espèce animale et ses contraintes physiologiques).

L'objectif est un algorithme de calcul de la composition du régime. Des recherches supplémentaires sont cependant encore nécessaires pour son développement.

### B) Application:

Les méthodes d'étude du régime ne peuvent être simples, si elles se veulent précises. Le choix des différents auteurs semblent se porter sur l'observation directe des coups de dents. C'est ainsi que Ben Boubaker (1989), Cherel *et al.* (1991), Couteron *et al.* (1991), Tibaoui et Zouaghi (1991) l'utilisent.

Pour obtenir une précision suffisante, Guèrin *et al.* (1988) proposent 400 identifications, sur un pâturage donné. Les préférences alimentaires variant au cours de l'année, ces observations doivent de plus être répétées pour chaque saison.

L'interprétation des résultats fait intervenir la notion de contribution spécifique (Guèrin, 1988):

$$CSi = (CDi / \Sigma CD) * 100$$

(CSi = contribution spécifique de l'espèce i; CDi = nombre de coups de dents sur l'espèce i;  $\Sigma$  CD = somme des coups de dents spécifiques)

qui traduit la part de chaque espèce végétale dans le régime.

Les contributions spécifiques peuvent être utilisées également pour comparer, à l'aide d'index, le comportement plus ou moins sélectif des différentes espèces animales, les régimes d'espèces différentes ou d'une même espèce exploitant des pâturages différents, la part d'une espèce donnée dans le pâturage et dans le régime....

Cette méthode est également intéressante puisqu'elle permet d'étudier conjointement la part de la strate herbacée dans le régime. La connaissance des contributions spécifiques est de plus nécessaire pour le calcul des quantités consommées.

### **III Quantités ingérées:**

#### **A) Poids du coup de dent:**

Pour accéder aux quantités ingérées, il nous faut encore connaître, pour chaque espèce animale, et pour chaque espèce végétale, le poids moyen de la bouchée ou du coup de dent.

Guérin (1988) cite deux méthodes:

- la première consiste à faire consommer aux animaux des rameaux préalablement pesés. Après 200 coups de dents, on pèse à nouveau les rameaux et on obtient ainsi le poids moyen d'un coup de dent;

- la deuxième méthode est plus simple: il s'agit d'imiter les coups de dents par des "pincées" et de peser cette récolte manuelle. Cette technique est apparemment plus fréquemment employée (Ben Boubaker, 1989; Cherel *et al.*, 1991).

Gauthier Pilters (1961) et Bourbouze (1980), cités par Guérin (1988), ont constatés une variabilité très élevées des résultats d'une espèce végétale à l'autre, et pour une même espèce, d'une saison à l'autre.

### **B) Nombre total de coups de dents par jour:**

Le nombre  $n$  de coups de dents observés sur une espèce végétale correspond à une durée d'observation  $t$ . Si l'activité de pâturage effectif des animaux, pendant ces jours d'observation, a occupé le temps  $T$ , le nombre total de coups de dents par jour pour une espèce est:

$$N = n * ( T / t )$$

La connaissance de ce temps de pâturage effectif (par type de fourrage: ligneux, graminées, légumineuses...) nécessite celle du temps d'accès au pâturage, la prise en compte des périodes de repos, de déplacement..... donc demande des observations supplémentaires. Il semble très délicat de se fonder sur des résultats bibliographiques étant donné le rôle joué par le mode de conduite du troupeau par l'éleveur.

### **C) Application:**

On accède ainsi aux quantités ingérées:

$$Q_{i} = N * PCD_{i}$$

( $Q_{i}$ = quantité ingérée de l'espèce  $i$ ;  $PCD_{i}$ = poids du coup de dent sur l'espèce  $i$ )

et **quantité totale ingérée = somme des quantités spécifiques**

### **D) Autre méthode de calcul des quantités ingérées:**

Les quantités ingérées peuvent aussi être obtenues à partir de la digestibilité de la matière organique (DMO) et de la matière organique rejetée dans les fécès (MO<sub>f</sub>) (Guèrin, 1987; Tezenas du Montcel, 1991):

$$\text{quantité ingérée} = \text{MO}_{f} / (1 - \text{DMO})$$

La DMO est calculée à partir des équations mises au point par Guérin *et al.* (1989) (cf. quatrième partie).

Si cette méthode évite le calcul des temps de pâturage, elle ne permet qu'une approche globale des quantités ingérées. De plus, le calcul de la DMO demande des analyses réalisées sur des échantillons représentatifs du régime. Pour ces différentes raisons, l'observation directe précise des animaux comme décrite plus haut demeure préférable .

**Ce troisième volet nous donne:**

- le fourrage réellement disponible pour les animaux;
- la part de chaque espèce dans le régime;
- les quantités réellement ingérées.

## **Quatrième partie: APPROCHE DE LA CAPACITE DE CHARGE:**

La capacité de charge d'un pâturage dépend de la quantité de fourrage produite, mais également de la qualité de ce fourrage, qu'il faut donc connaître (Boudet, 1991).

### **I Valeur nutritive des fourrages ingérés:**

#### **A) Difficultés de prévision de la valeur nutritive des fourrages ligneux:**

Guérin (1989), Kone *et al.* (1989) évoquent ces difficultés.

En effet, il existe de nombreux résultats d'analyses fourragères classiques concernant les ligneux (matières azotées, matières minérales, matières grasses, cellulose brute...) (tableau 11, planche 2). Ces résultats sont cependant insuffisants pour donner une estimation de la valeur nutritive. Pour plusieurs raisons:

- les matières azotées (élevées) des ligneux sont souvent peu digestibles, et les variations de leur digestibilité, partiellement expliquées (tanins, lignine...) sont difficiles à quantifier;
- le dosage de la cellulose brute ne permet pas de décrire la diversité des fourrages ligneux au niveau de leurs constituants pariétaux;
- la digestibilité de la matière organique, principale facteur de variation de la valeur énergétique, ne peut, dans le cas des fourrages ligneux, être estimée à partir de modèles de prévision simples faisant intervenir les teneurs en cellulose brute et en matières azotées.

Il est donc nécessaire de mettre en oeuvre des méthodes *in vivo* (essais de digestibilité *in vivo* sur ovins ou caprins), *in situ* (étude de la digestion dans le rumen, dans l'intestin...) et de laboratoire complexes pour estimer avec une précision acceptable la valeur nutritive des fourrages ligneux.

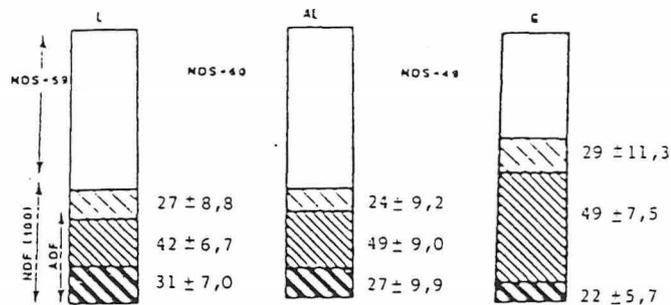
#### **B) Equations de prédiction:**

Guérin *et al.* (1989) ont ainsi mis au point des équations de prédiction de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels. Sont mises en relation la digestibilité de la matière organique ou la teneur en matières azotées digestibles

Tableau 11 : Composition chimique de quelques espèces ligneuses (Walker, 1980)

CHEMICAL COMPOSITION OF SHOOTS (LEAVES + TWIGS) OF SELECTED SPECIES FROM THE SHRUB VEGETATION IN TABLE 11. D = DRY SEASON, W = WET SEASON.

Species	Season	% Ash	% Crude protein	% Ether extract	% Crude fibre	% N Free extract	% Ca	% Mg	% K	% P
<i>Acacia ataxacantha</i>	D	3.5	14.2	4.4	15.8	62.1	0.93	0.28	0.76	0.10
	W	4.6	18.7	1.9	17.3	57.5				
<i>A. fleckii</i>	D	6.7	18.5	3.5	21.1	50.2	1.61	0.36	0.83	0.10
	W	5.2	23.6	2.5	22.5	46.2				
<i>Baikiaea plurijuga</i>	D	2.3	20.4	2.9	28.7	45.7	0.28	0.13	0.93	0.15
	W	2.6	21.0	3.2	40.0	33.2				
<i>Baphia massaiensis</i>	D	3.1	19.0	1.9	33.0	43.0	0.57	0.16	1.02	0.10
	W	2.8	17.9	2.0	32.8	44.5				
<i>Bauhinia macrantha</i>	D	4.9	13.3	1.9	25.1	54.8	1.49	0.31	0.80	0.10
	W	3.3	17.7	1.6	30.7	46.7				
<i>Burkea africana</i>	D	2.2	12.5	1.5	27.1	56.7	0.46	0.14	0.78	0.07
	W	1.6	14.9	1.9	33.9	47.7				
<i>Combretum collinum</i>	D	6.1	13.2	2.5	20.5	57.3	1.69	0.35	0.88	0.09
	W	4.3	14.9	3.4	21.6	55.8				
<i>C. Zeyheri</i>	D	4.9	11.3	2.9	28.8	47.9	0.92	0.23	0.98	0.09
	W	3.6	16.5	2.2	26.3	51.4				
<i>Croton pseudopulchellii</i>	D	4.2	11.2	7.9	26.1	50.6	0.7	0.19	1.7	0.11
	W	6.4	12.6	5.0	25.5	50.5				
<i>Erythrophleum africanum</i>	D	2.0	14.8	6.5	34.3	42.4	0.27	0.18	0.72	0.09
	W	2.0	16.3	7.3	37.6	36.8				
<i>Lonchocarpus nelsii</i>	D	5.7	22.4	1.5	40.5	29.9	0.92	0.20	1.18	0.13
	W	5.0	24.8	2.3	38.8	29.1				
<i>Ochna pulchra</i>	D	2.4	10.6	1.0	36.0	50.0	0.75	0.15	0.53	0.09
	W	1.7	12.9	1.4	40.5	43.5				
<i>Pterocarpus angolensis</i>	D	4.2	14.8	1.2	31.8	48.0	0.95	0.40	1.09	0.10
	W	3.9	20.4	2.4	38.4	34.9				
<i>Terminalia sericea</i>	D	3.4	10.6	1.3	15.8	68.9	0.63	0.22	0.82	0.08
	W	2.7	17.2	3.4	22.7	54.0				
<i>Dichapetalum cymosum</i>	D	6.7	15.9	1.9	36.6	38.9	0.83	0.29	1.09	0.08
	W	8.6	14.3	1.1	34.7	41.3				
<i>D. rhodesicum</i>	D	6.6	12.6	1.7	40.8	38.3	1.09	0.23	0.88	0.04
	W	8.4	14.4	1.9	39.9	35.4				

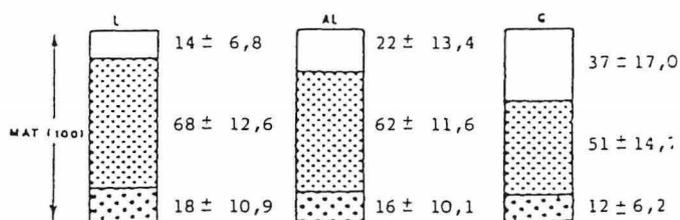


Teneurs moyennes en constituants pariétaux des fourrages ligneux (L : feuilles de légumineuses ; AL : feuilles des autres ligneux ; G = gousses) :  $\square$  NDS = 100 - NDF et teneurs du NDF en hémicellulose (NDF - ADF) ;  $\text{diagonal lines}$  en cellulose (ADF - ADL) et  $\text{cross-hatched}$  en lignine (ADL).

Moyennes ( $\bar{x}$ ), écarts-types (s) et valeurs extrêmes des teneurs en constituants pariétaux des fourrages ligneux (p. 100 MS).

Constituants	Feuilles								Gousses de légumineuses n=12			
	Légumineuses n=24				Autres ligneux n=54				$\bar{x}$	S	min	max
	$\bar{x}$	S	min	max	$\bar{x}$	S	min	max				
C.B.	23	6	10	32	22	6	9	35	27	7	15	38
N.D.F.	41	9	17	54	40	9	21	62	51	12	25	67
A.D.F.	30	7	15	44	30	7	16	48	35	10	18	49
A.D.L.	13	4	5	21	11	5	3	23	11	4	5	18
Hémicell.	11	4	1	19	10	4	1	19	16	8	6	36
Cellulose	17	4	8	24	19	5	10	30	24	7	12	33

Planche 2 : constituants pariétaux et matières azotées des ligneux (Kone et al., 1989)



Répartition moyenne des MAT du fourrage ligneux (L = légumineuses ; AL = autres ligneux ; G = gousses) en matières azotées solubles ( $\square$  : MAS), matières azotées insolubles non contenues dans le résidu ADF ( $\text{diagonal lines}$  : MAI - MAadf) et matières azotées contenues dans l'ADF ( $\text{cross-hatched}$  : MAadf).

Teneurs des ligneux en matière azotées totales (MAT) : répartition de ces MAT en matières azotées solubles (MAS), en matières azotées insolubles (MAI) et en matières azotées contenues dans l'ADF (MAadf).

	Feuilles								Gousses de légumineuses n = 12			
	Légumineuses n=24				Autres ligneux n=54				$\bar{x}$	S	min.	max
	$\bar{x}$	S	min.	max.	$\bar{x}$	S	min.	max.				
p.100 M.S. : M.A.T.	13	3	4	18	12	4	5	22	13	5	5	21
p.100 M.A.T. : M.A.S.	14	7	7	30	22	13	5	58	37	17	16	67
M.A.I.	26	7	20	93	78	13	42	95	63	17	33	84
M.A.adf	18	11	6	58	16	10	2	42	12	6	4	23

des fourrages, et leur composition chimique ou celle des fécès des animaux qui les consomment .

Pour la valeur énergétique, différentes méthodes de calcul existent.

A la lecture du tableau 12, on constate qu'il est nécessaire, pour les rations contenant des ligneux, de considérer la composition des fécès.

L'échantillonnage des fécès, qu'il faudra donc réaliser, est beaucoup plus aisé et leur représentativité est plus grande (pondération des variations nycthémérales et même journalières de la composition du régime).

La détermination de la valeur nutritive est du ressort d'un laboratoire spécialisé. Sur le terrain, il est important de noter qu'il faut récolter à la fois des échantillons de fourrage représentatifs des régimes des animaux, et des échantillons de fécès de ces mêmes animaux.

## **II Eléments de gestion de la ressource fourragère ligneuse:**

### **A) Strate ligneuse et strate herbacée:**

Nous avons jusqu'à présent considéré les seuls fourrages ligneux. Sur parcours naturels cependant, les animaux ont accès au deux strates, ligneuse et herbacée, et leur régime comprend des espèces des deux groupes, dans des proportions différentes.

Avant de s'apprécier chez l'animal, cette interaction se manifeste dans le pâturage lui-même. Harrington et Wilson (1980) soulignent ainsi l'action quantitative et qualitative des ligneux sur la strate herbacée: selon la densité ligneuse, les espèces de la strate herbacée seront différentes (caractéristiques nutritionnelles, périodes de végétation...).

De même, pour Arnaud et Thavaud (1991), la présence d'un couvert arboré peut limiter la production de matière sèche (en favorisant l'installation d'espèces peu productives, liée à la diminution de l'éclairement); en revanche, elle réduit l'influence des aléas climatiques, limite les risques d'érosion et prolonge la production de fin de printemps. L'arbre a également un effet favorable sur la fertilité du sol (Lailhacar *et al.*, 1989).

Enfin, Ovalle et Avendano (1989) constatent un retard de presque toutes les phénophases lorsque les espèces herbacées poussent sous les arbres. Mais l'effet

Tableau 12 : Liaisons de la digestibilité de la matière organique (DMO en p. 100) et de la teneur en matières azotées digestibles (MAD en p. 100 de MO) de fourrages Sahélo-Soudaniens avec leur composition chimique (en p. 100 de MO) et/ou celle des fèces correspondantes. (Guérin et al, 1989)

NATURE FOURRAGE	COMPOSITION DU FOURRAGE CONSOMME			COMPOSITION DES FECES			FOURRAGE + FECES		
	EQUATIONS DE REGRESSION	ETR	r OU R	EQUATIONS DE REGRESSION	ETR	r OU R	EQUATIONS DE REGRESSION	ETR	r OU R
G DMO MADO	0.090 MAT(C) <sup>2</sup> +45.1	3.8	0.84	2.6 MAT(F)+26.8	3.0	0.90			
	0.91 MAT(C) - 3.8	0.5	0.98	1.1 MAT(F)-6.8	1.8	0.82			
Lé DMO MADO	-0.98 ADF(C) + 98.5	2.7	0.92	0.84 MAT(F)+40.2	2.6	0.92	0.0091 MAT(F) <sup>2</sup> -0.63 ADF(C)+80	1.8	0.97
	0.87 MAT(C) - 4.1	0.9	0.98	-0.35 HO(F)+38.7	1.6	0.92	0.70 MAT(C)+0.13 MAT(F)-3.4	0.7	0.97
Ru DMO MADO MADO	-1.3 (ADF-MAadf)C+119.0	3.9	0.88	1.7 MAadf(F)-1.3 Cell(F)+93.2	2.6	0.95	-0.55 HO(F)-0.54 Cell(C)...	2.0	0.98
	0.61 MAT(C)-2.5	0.6	0.91	0.29 MAT(F)-2.2	1.1	0.72	..-1.2 Cell(F)+168.7		
				0.21 ADL(F)-3.8	0.6	0.92	1.1 MAT(C)-0.31 MAT(F)-1.9	0.5	0.96
L1 DMO MADO MADO	-0.65 CB(C)-4.3 MAadf(C)+83.3	5.2	0.78	0.073 MAT(F) <sup>2</sup> -3.0MAadf(F)...	3.6	0.91			
	0.91 MAT(C)-5.8	2.1	0.87	..-0.31 HO(F)+80.5					
	0.97 (MA-MAadf)C-4.3	1.3	0.97	1.3(MA-MAadf)(F)+0.53CB(F)-25.2	3.1	0.86	1.1 MAT(C)-0.52 MAT(F)-0.7	1.4	0.97
G+Lé DMO MADO	-1.0 ADF(C)+102.7	4.1	0.80	0.67 MAT(F)+2.0 MAadf(F)-7.6	1.9	0.92	0.96 MAT(C)-0.61 MAadf(F)-2.5	0.7	0.99
	0.84 MAT(C)-3.3	0.7	0.99				2.1MAT(C)-0.11MAT(C) <sup>2</sup> -1.2ADL(C)...	3.3	0.88
G+Lé+Ru DMO MADO	-0.92 ADF(C)+3.0MAadf(C)+92.8	4.1	0.81	0.59 MAT(F)-0.54 ADF(F)+0.56...	2.0	0.91	..(ADF-MAadf)C+83.2		
	0.84 MAT(C) - 3.4	0.7	0.99	..CB(F)+3.3			0.85 MAT(C)-0.17 MAadf(F)-2.9	0.6	0.99
G+Lé+Ru+L1 DMO MADO				0.63 MAT(F)+0.53 CB(F) ...	4.8	0.75	0.65CB(F)-0.58CB(C)-0.73(ADF-MAadf)F + 84.7	4.6	0.78
	0.88 (MA-MAadf)C - 2.8	1.1	0.97	..-0.77(ADF-MAadf)+61.8					
				0.26 CB(F)+0.91(MA-MAadf)F-13.	2.8	0.84	0.88 MAT(C)-0.46 MAadf(F)-2.4	0.9	0.98

dépresseur sur la production herbagère ne se manifeste qu'au début de la saison de croissance, tandis que sous l'arbre les espèces sont plus productives et à cycle plus long. Il existe de plus un décalage entre la phénologie de l'arbre et celle des herbacées (la feuillaison ligneuse est plus tardive).

Nous pouvons donc conclure au rôle prépondérant de l'arbre sur la production herbacée. Une réduction partielle ou totale du couvert arborescent entraîne une régression de la qualité pastorale de la strate herbacée.

Ainsi, l'association arbre-herbe apparaît-elle favorable d'un point de vue agronomique, d'où l'intérêt d'en connaître les rôles respectifs dans l'alimentation des animaux.

### **B) Effet du broutage des animaux:**

Pour apprécier cet effet, Cissé (1980a) a simulé le broutage des animaux par des collectes manuelles:

- selon des rythmes différents (une ou deux fois par mois);
- selon des intensités différentes (collecte partielle ou totale)
- à des stades variables (par rapport au cycle de croissance foliaire)

Ses conclusions sont:

- l'effet négatif des intervalles d'exploitation courts (production totale inférieure, effets secondaires plus néfastes);
- la productivité supérieure avec des prélèvements partiels;
- une meilleure repousse si le premier prélèvement intervient en phase ascendante de la courbe de croissance du feuillage.

Karvas et Floret (1989) étudient également les modifications du cycle de vie des espèces ligneuses, en rapport avec des pressions de pâturage variables. Les résultats sont difficiles à généraliser, étant donnée la grande variabilité de réponses des différentes espèces de ligneux: début de l'activité végétative, durée de la période active, longueur des pousses, floraison et fructification sont variablement influencés selon les espèces, notamment en liaison avec des intensités de broutage inégales.

Willard et Mc Kell (1978), cités par ces deux auteurs, soulignent toutefois que, malgré cette variabilité de réponse, on peut s'attendre à une augmentation de la production fourragère ligneuse, à l'échelle de la communauté dans son

ensemble, d'où l'intérêt de faire exploiter la strate ligneuse par les animaux (à des niveaux permettant toutefois la pérennité de cette strate).

### C) Niveau d'exploitation:

Il est ainsi difficile de déterminer la charge potentielle d'un pâturage. D'autant plus que la pression de pâturage détermine en partie le choix alimentaire des animaux. Osorio et Le Floc'h (1991) constatent ainsi la nette augmentation de la consommation des ligneux généralement peu appréciés, quand la pression de pâturage augmente.

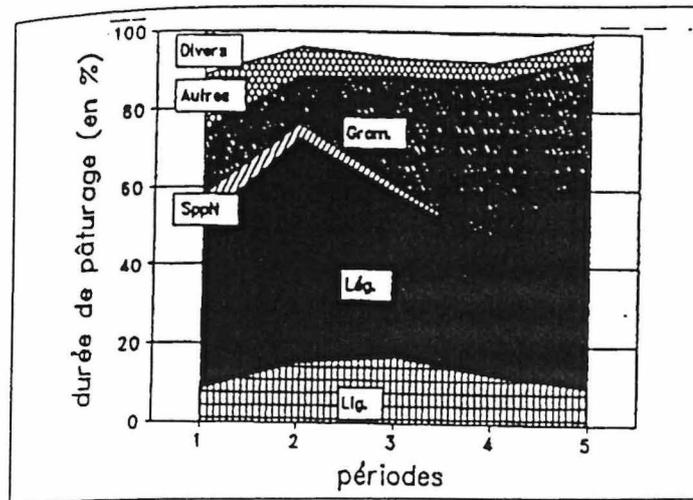
**Tableau 13 : effet de la charge de pâturage (chèvres par hectare et par an) sur la consommation de feuilles (pourcentage de feuilles consommées) de deux espèces ligneuses ((Osorio et Le Floc'h, 1991):**

charge de pâturage	<i>Bridgesia incisifolia</i>	<i>Flourensia thuiifera</i>
1,5	95,1	61,2
3	99,8	99,1

La concurrence arbre-herbe varie aussi selon la charge de pâturage, et selon l'espèce animale. Quand le disponible diminue (c'est-à-dire que la pression de pâturage augmente), les caprins effectuent un report sur la strate ligneuse, à l'inverse des ovins qui privilégient la strate herbacée (cf. figure 7).

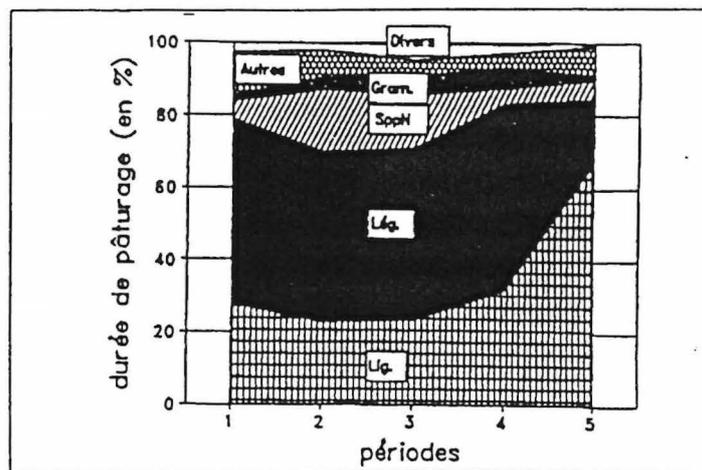
### III Calcul de la capacité de charge:

La capacité de charge d'un pâturage est la quantité de bétail que peut supporter le pâturage sans se détériorer. Le bétail doit pouvoir satisfaire ses besoins d'entretien, voire produire (reproduction, croissance, lactation...) (Boudet, 1991).



Evolution des durées de pâturage sur chaque type de fourrage.

Cas des ovins



Analyse

Cas des caprins.

Lig. : ligneux ; Lég. : légumineuses ; Gram. : graminées ; SppN : autres espèces riches en azote ; Autres : autres espèces pauvres en azote ; Divers : espèces dont nous n'avons pas la composition chimique.

Figure 7 : comportement alimentaire des ovins et des caprins (Tezenas du Montcel, 1991)

### **A) Besoins des animaux:**

Il faut donc exprimer les besoins des animaux, qui dépendent de l'espèce animale, et du type de production. On se limite aux besoins en terme de quantité (quantité de matière sèche (MS)) et de qualité énergétique (unités fourragères (UF)) et azotée (matières azotées digestibles (MAD)) (Boudet, 1991; Tezenas du Montcel, 1991).

### **B) Disponible fourrager:**

Il faut ensuite calculer, dans les mêmes termes, le disponible (MS, UF, MAD). Ceci doit concerner les fourrages réellement consommés, comme évalués précédemment.

N'oublions pas que si notre étude se limite à l'évaluation du potentiel fourrager ligneux, le calcul de la capacité de charge doit intégrer les disponibilités fourragères de la strate herbacée (dont les méthodes d'étude suivent d'ailleurs le même cheminement: inventaire, mesure de productivité, comportement alimentaire, valeur nutritive....).

### **C) Capacité de charge:**

On peut alors espérer aboutir à la formule suivante (pour la MS, les UF et les MAD):

$$\frac{\text{production disponible}}{\text{besoin individuel}} = \text{capacité de charge}$$

Cette estimation de la capacité de charge sera saisonnière (cf. estimation des productions de fourrages et étude du comportement alimentaire saisonnière elles-aussi).

#### **D) Remarque:**

A plusieurs reprises, nous avons eu l'occasion de souligner l'importance déterminante du contexte d'étude: variation saisonnière de la production fourragère, différence de comportement alimentaire entre espèces animales, dépendance de ce comportement alimentaire vis-à-vis de la pression de pâturage, etc....

**En conséquence, si l'obtention d'un résultat final satisfaisant est déjà délicate, la transposition ou l'utilisation de ce résultat à une situation différente le sont tout autant.**

**Par ce quatrième temps, nous aboutissons:**

- à la valeur nutritive des fourrages;
- à l'évaluation de la capacité de charge prenant en compte les deux strates ligneuses et herbacées.

**Il faut aussi considérer l'arbre en rapport avec les autres éléments du système d'alimentation.**

## PROPOSITION D'UN PROTOCOLE

### I Etude des peuplements:

1) Echantillonnage des parcelles d'étude:

- a) identification des principales formations, enregistrement des données agro-écologiques
- b) choix des parcelles témoins, dans chaque formation: cartographie, transect...

2) Description du peuplement ligneux:

a) dénombrement:

--> méthodes directes (placeaux circulaires par exemple)

et/ou

--> méthodes indirectes: QCP (quadrat centré sur point)

b) données descriptives:

--> espèces

--> mensurations des individus de l'échantillon (diamètre du tronc, hauteur, forme du houppier, rameaux standards...)

ce qui permet le calcul des densités, l'étude démographique...

### II Evaluation de la production primaire:

1) Détermination des principales espèces d'intérêt fourrager:

(bibliographie, enquête sur le terrain, essais complémentaires d'alimentation)

2) Estimation de la biomasse foliaire:

--> choix des relations d'allométrie (bibliographie)

--> facteurs correctifs par la méthode des rameaux standards

ce qui permet le calcul de la BM (biomasse maximale).

3) Dynamique de la production:

--> description des cycles phénologiques

--> répartition saisonnière de la production (méthodes des rameaux standards)

### III Quantités de fourrage ingéré:

1) Fourrage accessible:

--> choix des hauteurs de broutage (bibliographie, essais complémentaires)

--> attribution des formes géométriques selon le port

ce qui permet le calcul des volumes totaux, volumes utiles d'où biomasse utile.

2) Contributions spécifiques:

--> observation directe des animaux (méthode des coups de dents)

--> (en parallèle, collecte manuelle pour déterminer le poids moyen du coup de dent, et détermination du temps de pâturage effectif)

3) Quantité ingérée:

$$QI = \frac{DPE}{DO} * \Sigma (CSi.PCDi)$$

(QI=quantité ingérée; DPE=durée de pâturage effectif; DO=durée d'observation; CSi=contribution spécifique de l'espèce i; PCDi=poids du coup de dent sur l'espèce i)

#### **IV Capacité de charge:**

Il faut ici intégrer les données concernant la strate herbacée.

1) Valeur nutritive des fourrages ingérés:

- > échantillons de fourrage représentatifs des régimes
- > prélèvement de fécès des animaux correspondants

ce qui permet la détermination de la valeur nutritive au laboratoire (MAD, UF, DMO...)

2) Besoins des animaux:

- > selon l'espèce, le stade physiologique, l'objectif de production

La comparaison du disponible aux besoins donne la capacité de charge.

## CONCLUSION

Cette revue bibliographique s'articule en quatre parties. Les deux premières étapes consistent en la connaissance des potentialités du milieu d'étude: caractérisation des peuplements ligneux, évaluation de la production primaire. Par la suite, il est nécessaire de faire intervenir l'animal, pour étudier les quantités de fourrage consommées, enfin la capacité de charge.

A ces différents niveaux, de nombreux paramètres doivent être pris en considération. Ce qui implique la complémentarité des disciplines: pastoralisme, nutrition, zootechnie. Plusieurs facteurs de variation, non maîtrisables, allourdissent les protocoles d'étude, qui sont nécessairement relativement longs, pour fournir des résultats fiables (Harrington et Wilson, 1980; Le Houérou, 1991).

L'étude des systèmes d'alimentation en général, et celle du rôle des ligneux plus particulièrement, est donc difficile.

Certains auteurs (Cissé, 1980b; Guérin, 1989), sans négliger le rôle des ligneux, estiment finalement qu'il faut les considérer non comme un aliment de base, mais comme un aliment complémentaire, en liaison avec l'herbe disponible.

Une hypothèse émise est aussi celle d'appliquer des pressions de pâturage élevées, pendant des périodes brèves, suivies de périodes suffisantes de repos du pâturage (Ben Boubaker, 1989; Ben Boubaker et Thiault, 1991; Osorio et Le Floch, 1991). L'avantage d'une pression élevée est la diminution des possibilités de choix des animaux, ce qui replace les différentes sources de fourrage à des niveaux identiques, et simplifient ainsi les études de terrain.

En tout état de cause, le calcul de la capacité de charge ne peut se faire que dans un système de production bien défini (Hiernaux, 1980; Tezenas du Montcel, 1991).

## BIBLIOGRAPHIE

**ARNAUD M.T., THAVAUD P.** Valeur et dynamique des milieux pastoraux des Maures.

In: Actes du 4ème Congrès International des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 72-76.

**AZOCAR P. et al.** Méthode d'évaluation de la phytomasse utilisable des arbustes fourragers *Atriplex repanda* et *Flourensia thurifera*.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 512-514.

**BEN BOUBAKER A.** Comportement alimentaire d'un troupeau ovin dans un système "*Acacia cyanophylla*-herbe".

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1563-1564.

**BEN BOUBAKER A., THIAULT M.** Utilisation d'arbustes fourragers broutés (*Acacia cyanophylla*) dans l'alimentation animale en Tunisie septentrionale.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 515-517.

**BILLE J.C.** Measuring the primary palatable production of browse plants.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, Le Houérou ed., 1980, p. 185-195.

**BODJI N.C., N'GUESSAN A.A.** Les fourrages ligneux utilisés pour l'affouragement des ovins et caprins en Côte d'Ivoire. Inventaire.

In: Actes du Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Guérin et Rippstein eds., 1989. Vol. 1, p. 265-284.

**BOUDET G.** Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement, 1991. 266 p. (Manuels et précis d'élevage).

**CHEREL O., MOLENAT G., PRUD'HON M.** Les végétaux ingérés par les ovins sur parcours steppiques: observation des coups de dents et étude histologique des phytodermes dans le rumen.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 613-615.

**CISSE M.I.** The browse production of some trees of the Sahel: relationships between maximum foliage biomass and various physical parameters.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, Le Houérou ed., 1980, p. 205-210.

**CISSE M.I.** Effects of various stripping regimes on foliage production of some browse bushes of the Sudano-Sahelian zone.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 211-214.

**COUTERON P., D'AQUINO P., OUEDRAOGO I.M.O.** Le *Pterocarpus lucens* dans la région de Banh au nord-ouest du Burkina Faso: importance pastorale et état actuel des peuplements.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 94-100.

**GENIN D.** Modèle prévisionnel des choix alimentaires des ruminants sur parcours.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 632-635.

**GROUZIS M., SICOT M.** A method for the phenological study of browse populations in the Sahel: the influence of some ecological factors.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 233-240.

**GUERIN H.** Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. I. Rappels bibliographiques sur les objectifs et les méthodes d'étude de la composition botanique des régimes ingérés au pâturage. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1988, 41 (4) : 419-426.

**GUERIN H. et al.** Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1988, 41 (4) : 427-440.

**GUERIN H.** Note bibliographique sur les fourrages ligneux: rôle dans les systèmes pastoraux ou agropastoraux, productivité, valeur alimentaire.

In: Actes du Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Guérin et Rippstein eds., 1989. Vol. 1, p. 329-346.

**GUERIN H. et al.** Préviation de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 879-880.

**HARRINGTON G.N., WILSON A.D.** Methods of measuring secondary production from browse.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 255-260.

**HIERNAUX P.** Inventory of the browse potential of bushes, trees and shrubs in an area of the Sahel in Mali. Method and initial results.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 197-204.

**ICKOWICZ A.** s.n..

Collaboration CCE DG XII STD 2-215, IER/ISRA/IEMVT, 1994.

**KAWAS M., FLORET C.** Influence de l'intensité du pâturage sur le cycle de vie des espèces ligneuses d'une garrigue du sud de la France.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1557-1558.

**KONE A.R., RICHARD D., GUERIN H.** Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique occidentale.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 947-948.

**KOUONMENIOC J.** Influence de la saison sur la croissance et la production des repousses de quelques cultivars de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. en zone équatoriale du Cameroun.

In: Actes du Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Guérin et Rippstein eds., 1989. Vol. 1, p. 295-312.

**LE HOUEROU H.N.** Browse in northern Africa.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 55-82.

**LE HOUEROU H.N.** Feeding shrubs to sheep in the mediterranean arid zone: intake, performance and feed value.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 639-644.

**LAILHACAR S. et al.** Effet de l'arbuste fourrager *Atriplex repanda* phil. sur la fertilité du sol et sur la strate herbacée associée.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1509-1510.

**OSORIO R.A., LE FLOC'H E.** Influence of grazing pressure intensity on consumption of two shrub species in an arid zone of Chile: implications for pastoral management.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 492-493.

**OVALLE C., AVENDANO J.** Utilisation sylvopastorale de l'espinal (*Acacia caven*) dans l'aire climatique méditerranéenne du Chili. Influence de l'arbre sur la végétation pastorale.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1071-1072.

**PLANTON H.** Etude microhistologique du régime alimentaire des ruminants en zone sahélo-soudanienne: difficultés méthodologiques.

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1507-1508.

**RIOS S., CORREAL E., ROBLEDO A.** Palatability of the main fodder and pasture species present in S.E. Spain: I. Woody species (trees and shrubs).

In: Actes du 16ème Congrès international des herbages, Nice, Association française pour la production fourragère, 1989. Vol. 2, p. 1531-1532.

**ROBLEDO A., CORREAL E., RIOS S.** An important fodder resource for livestock in southeast Spain: *Anthyllis cystoides* L.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 422-425.

**TEZENAS DU MONTCEL L.** Capacité de charge en saison sèche d'un parcours en zone nord soudanienne: cas d'une utilisation par des petits ruminants.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 663-667.

**TIBAOUI G., ZOUAGHI M.** Productivité d'un parcours forestier d'une région subhumide de la Tunisie.

In: Actes du 4ème Congrès international des terres de parcours, Montpellier, Association française de pastoralisme, 1991. Vol. 1, p. 232-235.

**TOUNKARA B.** Caractérisation des disponibilités fourragères ligneuses sur des parcours naturels sahéliens exploités par des bovins, ovins ou caprins.

Collaboration CCE DG XII STD 2-215, IER/ISRA/IEMVT, 1991. 100p..

**TOURE I., GILLET H.** Techniques d'inventaire des ligneux et d'estimation de la biomasse ligneuse appréciée.

In: Actes du Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré, Guérin et Rippstein eds., 1989. Vol. 1, p. 251-264.

**WALKER B.H.** A review of browse and its role in livestock production in southern Africa.

In: Proceedings of the International symposium on browse in Africa: Browse in Africa, the current state of knowledge, Addis Ababa, 1980, Le Houérou ed., p. 7-24.