

# **Biomasse foliaire de *Acacia laeta*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* accessible aux caprins dans le Sahel du Burkina Faso**

---

SANON H. O.<sup>1</sup>, NIANOGO J. A.<sup>2</sup>, SANOU S.<sup>3</sup>

## **Résumé**

La biomasse foliaire accessible aux caprins a été évaluée chez cinq espèces sahéliennes : *Acacia laeta*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*. La méthode a consisté à choisir les espèces dans les unités de pâturages où elles sont dominantes (dépression, ensablement et glacis) et suivant cinq classes de hauteur (< 1 m, 1-3 m, 3-5 m, 5-7 m ; > 7 m) des plantes. Puis des mesures dendrométriques ont été effectuées sur ces individus avant la collecte des feuilles situées entre le niveau du sol et la hauteur accessible aux caprins déterminée par l'observation d'un échantillon d'animaux lors du broutage, sur lesquels des mesures corporelles (longueur de la tête, du corps, du coup, hauteur au garrot et à la croupe) ont été effectuées. Une hauteur accessible maximale de 1,90 m a été retenue pour les évaluations. Tous les paramètres corporels des caprins sont importants pour la détermination de la hauteur de broutage. La production accessible à la hauteur maximale est plus élevée chez *A. raddiana* (316 g) et la plus faible valeur est observée chez *A. seyal* (35 g). Des régressions significatives simples et multiples ( $R^2 = 0.66$  à  $0.88$ ) ont été trouvées entre les paramètres physiques des arbres et la production accessible. La production potentielle accessible des fourrages ligneux dans les pâturages a varié de 50 kg/ha au niveau des glacis à 23 kg/ha dans les dépressions. La contribution de cette production dans le disponible fourrager a été de 7,5 % sur les pâturages de glacis, 4 % sur les ensablements et 2 % dans les dépressions.

**Mots-clés** : Ligneux fourragers, Biomasse foliaire, Hauteur de broutage, Caprins, Zone sahélienne.

## **Foliage biomass of *Acacia laeta*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana* accessible to goats in the Sahel of Burkina Faso**

### **Abstract**

The foliage biomass accessible to goats was evaluated for five Sahelian browse species: *Acacia laeta*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana*. The methodology has consisted to choose the species in the pasture units where they were dominants (lowland, sandy and glacis pastures), and according to five classes of height of plants (< 1 m, 1-3 m, 3-5, 5-7 m, > 7 m). Then, dendrometrics measurements were done on these individuals before the collection of leaves located between ground level and the accessible height by goats, determined by observation of a sample of goats

---

<sup>1</sup> INERA, Département Productions Animales, CRREA de l'Ouest Farako-bà, BP 910 Bobo-Dioulasso. Tél. 20 98 23 29, Email : oumou\_sanon@hotmail.com

<sup>2</sup> UICN, Burkina Faso, BP 3133 Ouagadougou, Tel. 50 31 31 54.

<sup>3</sup> INERA, Département Productions Animales, CRREA de Nord, BP 80 Dori, Tel 40 46 00 54.

when browsing and body measurements taken (Head length, Neck length, Body length, Height at withers and Rump height). A maximum browsing height of 1,90 m recorded was retained for the evaluation. All the body parameters of goats were important in the determination of browsing height. The foliage production at the maximum browsing height was higher for *A. raddiana* (316 g) and the lowest value was recorded with *A. seyal*. Significant simple and multiple regressions ( $R^2 = 0.66$  à  $0.88$ ) were found between physical parameters of the trees and the accessible foliage production. The potential accessible browse production on the pastures varied from 50 kg/ha in the pasture of glacis to 23 kg/ha in lowland pasture. The contribution of this production accessible in fodder potential was 7,5% in pasture of glacis, 4% in sandy soil pasture and 2% in lowland pasture.

**Keywords:** Browse forage, Foliage biomass, Browsing height, Goats, Sahelian zone.

## Introduction

Au Sahel burkinabé, les ruminants domestiques se nourrissent essentiellement de graminées et de fourrages ligneux. L'intérêt des fourrages ligneux repose sur leur bonne qualité et leur disponibilité pendant les périodes de pénuries alimentaires en saison sèche au moment où la quantité et la qualité des fourrages herbacés baissent. D'après Le Houerou (1980), en Afrique de l'Ouest, la plupart des espèces ligneuses sont aptes à satisfaire les besoins énergétiques et protéiques d'entretien des animaux et souvent même davantage.

La libre pâture étant le mode d'exploitation des pâturages, la disponibilité des fourrages ligneux aux animaux est liée à leur accessibilité. Celle-ci peut être directe par le prélèvement des animaux où indirecte par l'intervention du berger.

Pour ce qui concerne la production de biomasse fourragère ligneuse, les méthodes les plus utilisées jusqu'à présent sont les mesures dites directes (AZOCAR *et al.*, 1991 ; BILLE, 1980 ; CISSÉ, 1980 ; PIOT *et al.*, 1980 ; POISSONNET *et al.*, 1985) qui consistent à la récolte intégrale par l'abattage et/ou l'effeuillage des individus. Ces mesures destructrices sont fastidieuses dans leur mise en œuvre et d'un intérêt limité, parce que seulement la partie accessible de la biomasse totale est susceptible d'être consommée directement par les animaux.

La méthode des relations allométriques a été développée pour corriger le caractère destructeur et fastidieux des méthodes directes. Plusieurs variantes sont utilisées. Cissé (1980), Piot *et al.* (1980), et Bellefontaine *et al.*, (1997) ont établi des équations de type linéaire, exponentielle ou logarithmique entre la biomasse maximale de feuilles et les mesures dendrométriques (diamètre du tronc à la base, circonférence du tronc, hauteur de la cime, surface de recouvrement). Ces méthodes sont largement utilisées en foresterie, soit pour l'estimation de la biomasse aérienne totale composée de bois et feuilles (TER-MIKAELIAN and KORZUKHIN, 1997 ; SALIS *et al.*, 2006), ou pour l'évaluation de la biomasse disponible pour les animaux sauvages et domestiques (PATON *et al.*, 2002 ; SAÏD *et al.*, 2005).

Bakkali *et al.* (2000) a évalué la biomasse sur les rameaux standards constitués de brins similaires en diamètre basal et en densité de feuillage. La biomasse de deux brins choisis au hasard au niveau de chaque classe de brins similaires est évaluée et le poids moyen de ces deux brins est utilisé pour calculer le poids de biomasse des arbustes dont on connaît le nombre de classe et le nombre de brins par classe. Cette méthode est simple, mais présente des contraintes liées à l'appréciation des brins similaires dont la frondaison peut varier en fonction de conditions

environnementales et de la distribution de la sève sur les différents brins. Elle ne donne pas non plus d'indication sur la partie accessible au bétail.

L'accessibilité directe dépend de l'espèce animale, des paramètres de l'arbre tels que la forme du houppier, la hauteur, le système de branchage de l'arbre, la morphologie des feuilles et la présence ou non d'épines. Breman et De Ridder (1991) expriment l'accessibilité suivant la hauteur que l'animal peut atteindre et donnent un seuil de 2 m pour les bovins et 1,5 m pour les ovins et caprins. Ickowicz (1995) 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. Cet auteur a utilisé des équations de volume du houppier pour calculer la biomasse ligneuse accessible. Il a trouvé cependant que cette méthode est longue et fastidieuse et suggère la recherche de relations simples de type d'allométrie par mesure directe sur le terrain pour évaluer la biomasse foliaire accessible.

La présente étude a pour but d'estimer la production de fourrage ligneux directement accessible et susceptible d'être broutée par les animaux dans les principaux types de pâturage de la zone sahéenne du Burkina Faso.

## Corps du sujet

### Matériel et méthode

#### Site de l'étude

L'étude s'est déroulée sur la Station de recherche de Katchari au Centre Régional de Recherche Environnementale et Agricole du Nord de l'INERA. Ce site est situé dans le département de DORI, chef lieu de la province du SENO, dans la zone sahéenne du Burkina Faso. La végétation appartient au domaine phytogéographique Nord Sahélien, caractérisé par des steppes arbustives à épineux dans les glacis et les dunes, une végétation savanicole dans les bas-fonds et des prairies humides et aquatiques autour des mares (Fontes et Guinko, 1995). Le tapis herbacé, plus ou moins discontinu est essentiellement représenté par des graminées en majorité annuelles où dominant *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida adscensionis* et *Cenchrus biflorus*. La strate ligneuse, arbustive très claire au niveau des glacis et arborée plus ou moins dense dans les bas-fonds, est représentée par les *Acacia*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Anogeissus leiocarpus* et *Combretum* sp.

#### Démarche méthodologique

L'étude a porté sur cinq espèces représentatives de la zone Sahéenne du Burkina Faso et bien appréciées par le bétail. Il s'agit de *Acacia laeta* R. Br. Ex. Benth, *Acacia raddiana* Savi, *Acacia seyal* Del, *Balanites aegyptiaca* (L.)Del. et *Ziziphus mauritiana* Lam. Trois individus dans chacune des classes de hauteur suivantes : [ $<1$  m], [1 – 3 m], [3 – 5 m], [5 – 7 m] et [ $>7$  m], ont été choisis au hasard dans les unités de pâturage où l'espèce est dominante. Ainsi, 15 pieds de *A. raddiana* ont été retenus dans les pâturages de glacis, 15 pieds de *B. aegyptiaca* et 12 pieds de *A. laeta* dans les ensablements (absence de sujet supérieur à 7 m) ; 15 pieds de *A. seyal* et 12 pieds de *Z. mauritiana* (absence de sujet supérieur à 7 m) dans les dépressions, donnant au total 69 individus. Le diamètre moyen de la couronne du houppier, la hauteur des premières ramifications feuillues, la circonférence du tronc à la base et la hauteur totale ont été mesurés sur

chaque individu dans le but d'établir des corrélations entre la biomasse foliaire et ces paramètres. Le matériel utilisé est constitué d'un ruban métrique pour les mesures de diamètre, hauteur et circonférence et d'un clinomètre pour la mesure de hauteur.

Les individus choisis ont été protégés par une clôture grillagée pour éviter l'effet du broutage par les animaux. La surface sous-jacente du houppier de chaque individu a été tapissée par une bâche en plastique pour faciliter le ramassage des feuilles et réduire ou éviter le mélange avec les impuretés. La proportion de feuilles et ramilles produite et située entre le niveau du sol et la hauteur de broutage a été récoltée manuellement en simulant le broutage des chèvres. La récolte a ensuite été pesée avant et après séchage à l'étuve (à 105° pendant 24 h) à l'aide d'une balance électronique de portée 3 kg avec une précision de 1g.

Parallèlement la densité des ligneux a été évaluée sur chaque site par la méthode de comptage à l'hectare circulaire qui consiste à un dénombrement exhaustif des espèces ligneuses en fonction des strates suivantes : [ $< 1$  m] ; [ $1 - 3$  m] ; [ $3 - 5$  m] ; [ $5 - 7$  m] et [ $> 7$  m].

La hauteur de broutage a été estimée à l'aide de 6 caprins de type « Chèvre de Sahel » sur lesquelles la longueur de la tête, longueur du cou, longueur du corps, la hauteur au garrot et la hauteur de la croupe ont été mesurées. Ensuite une analyse de corrélation entre ces paramètres et la hauteur accessible a été faite. La hauteur de broutage des caprins au pâturage a été mesurée avec une règle graduée de 2,5 m de fabrication locale en observant les animaux à l'aide d'une jumelle. Au total 45 mesures ont été effectuées, soit environ 8 mesures par animal cible.

Les données sur la biomasse accessible ont été soumises à une analyse de variance suivant la procédure GLM du programme MINITAB version 2000. Le modèle statistique suivant a été utilisé :  $y = \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$ , où  $\alpha_i$  est l'effet de l'espèce  $i$ ,  $\beta_j$  est l'effet de la classe de hauteur  $j$ ,  $(\alpha\beta)_{ij}$  est l'interaction entre espèce et classe de hauteur et  $e_{ij}$  le terme résiduel. Les traitements montrant des différences significatives à la probabilité  $p < 0,05$  ont été comparées par le test de Tukey. L'analyse de régression a été effectuée pour tester les relations entre les paramètres des arbres et la production foliaire accessible, de même qu'entre les mesures corporelles des caprins et la hauteur de broutage. Plusieurs types de régression (linéaire, cubique, quadratique, transformation logarithmique) ont été testés pour obtenir le modèle qui décrit le mieux la qualité des paramètres. Les régressions significatives avec de forts coefficients de détermination ont été retenues.

## Résultats

### Hauteur de broutage

La hauteur de broutage moyenne mesurée est de 1,66 m et la hauteur maximale atteinte est de 1,90 m. Cette valeur est retenue pour l'évaluation de la biomasse accessible à la hauteur de broutage. Des corrélations positives avec des coefficients de détermination élevés ont été trouvées entre la hauteur de broutage et les dimensions corporelles des caprins; mais le modèle de régression significatif avec le coefficient le plus élevé est obtenu avec la longueur du corps (Tableau I). Ainsi, toutes les dimensions sont déterminantes dans la performance de l'animal à accéder au pâturage aérien et plus particulièrement la longueur du corps. 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 I.** Paramètres corporels des caprins et relation avec la hauteur de broutage.

Paramètres	Equation de régression	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )	Niveau de signification
Longueur du corps	2,92 LCp + 31,0	0,99	*
Longueur du cou	12,7 LCo - 211	0,99	*
Longueur de la tête	6,03 LT + 35,6	0,99	NS
Hauteur au garrot	4,41 HG - 114	0,83	NS
Hauteur de la croupe	3,80 HCr - 96	0,80	NS

\* : P < 0,05 selon test de Tukey ; NS : non significatif

## Production de biomasse foliaire accessible

### Production par espèce

Le tableau II donne la production moyenne de biomasse foliaire accessible à la hauteur de broutage par espèce. *A. raddiana* montre la production moyenne la plus élevée (316 g), suivi de *A. laeta* (215 g). Ces deux espèces produisent significativement plus que les trois autres espèces. *A. seyal* a enregistré la plus faible production (35 g).

**Tableau II.** Biomasse foliaire accessible suivant les espèces et les classes de hauteur des individus

	Espèces				
	<i>Acacia laeta</i>	<i>Acacia raddiana</i>	<i>Acacia seyal</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>
Production moyenne (g)	215ac (54)	316a (67)	36b (13)	119b (32)	179bc (35)
	Classes de hauteur				
	Classe 1 (< 1 m)	Classe 2 (1-3 m)	Classe 3 (3-5 m)	Classe 4 (5-7 m)	Classe 5 (> 7 m)
Production moyenne (g)	19a (4)	169b (41)	226b (38)	246b (49)	210b (102)

Les moyennes ne portant aucun indice commun sont significativement différentes selon le test de Tukey (p < 0.05) ; ( ) : Erreur standard

### Production par classe de hauteur

La production de biomasse ligneuse accessible, toutes espèces confondues, augmente de la classe 1 (<1 m) à la classe 4 (5-7 m), puis diminue au niveau de la classe supérieure à 7 m (tableau II). Cette chute de la production montre qu'au-delà d'une certaine hauteur (7 m) la proportion de biomasse foliaire accessible est considérablement réduite. Ainsi, plus l'arbre est grand, plus les ramifications feuillues, qui sont à la portée des animaux, sont faibles.

## Production par espèce et par classe de hauteur

La proportion de biomasse foliaire accessible augmente progressivement avec la hauteur de l'arbre pour les espèces *A. raddiana* et *A. laeta* (figure 1). Ceci est en rapport avec l'aspect physique de ces arbres. En effet, *A. raddiana* présente des branches retombantes à moins de 2 m, donc facilement accessibles aux chèvres et *A. laeta* est un arbuste ou petit arbre de 3 à 6 m de haut avec souvent des ramifications à la base. Par contre, les productions moyennes de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* connaissent un maximum au niveau de la classe 3 suivi par la classe 2 ; l'accessibilité de la biomasse foliaire pour ces arbres dépassant 5 m est limitée à cause de l'éloignement des ramifications feuillues. Pour *A. seyal* la production accessible est nulle à la classe 5 ce qui signifie que les individus de taille supérieure à 7 m ont des feuilles situées au-delà de la hauteur de pâture estimée à 1,90 m.

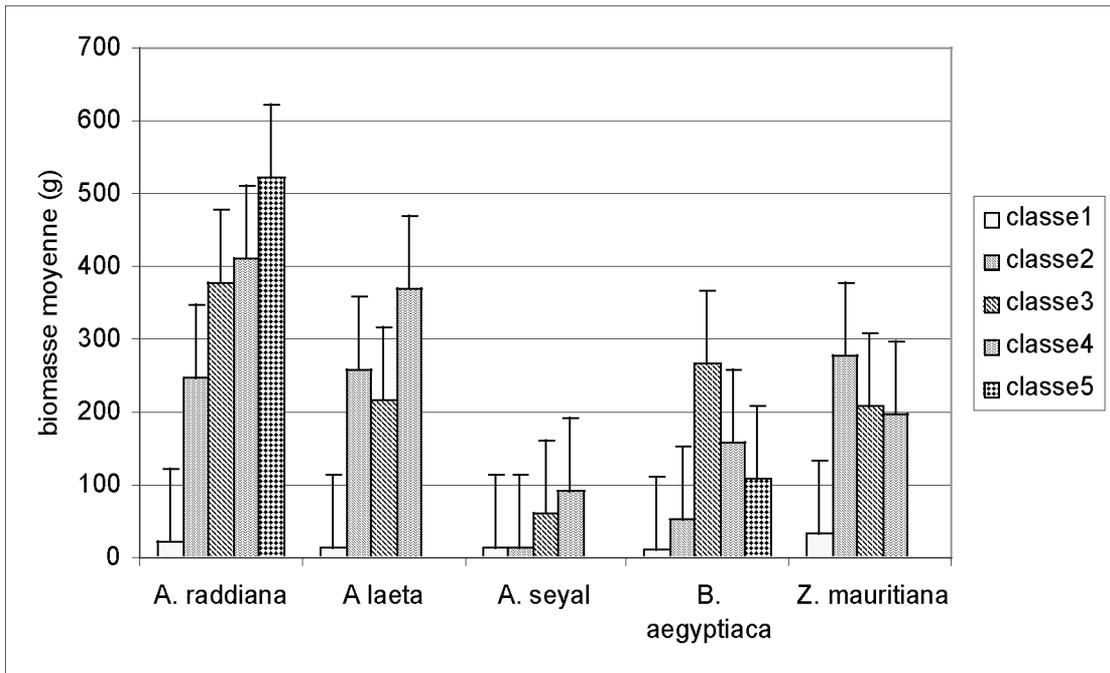


Figure 1. Evolution de la biomasse foliaire accessible selon la classe de la hauteur et de l'espèce.

## Relation entre la production accessible et les paramètres dendrométriques

Le tableau III montre l'expression des équations pour les coefficients de détermination ( $R^2$ ) significatifs. Ces relations sont de type polynomial et varient suivant les paramètres considérés, et en fonction des espèces.

Pour *A. laeta*, la circonférence du tronc et la hauteur totale sont les paramètres exprimant au mieux la production foliaire accessible avec des coefficients de détermination respectifs de 0,88 et 0,86. La hauteur totale ( $R^2 = 0,73$ ) et le diamètre du houppier ( $R^2 = 0,72$ ) sont les paramètres les plus discriminants chez *A. raddiana*. Quant à *A. seyal*, seule la circonférence du tronc permet

d'obtenir une corrélation significative avec un coefficient de 0,66. Le diamètre du houppier ( $R^2 = 85 \%$ ) et la circonférence du tronc ( $R^2 = 78 \%$ ) permettent de mieux expliquer de la production foliaire accessible chez *B. aegyptiaca*. Et, pour *Z. mauritiana*, la hauteur totale ( $R^2 = 0,86$ ) et le diamètre du houppier ( $R^2 = 0,85$ ) contribuent de façon similaire dans l'expression de la production foliaire accessible.

**Tableau III.** Equations de régression et coefficients de détermination entre paramètres dendrométriques et production foliaire accessible des ligneux.

Espèces / paramètres		Equations de regression	R <sup>2</sup>
<i>Acacia laeta</i>	CTB	$\log (P) = - 1,85 + 5,12 \log (CTB) - 1,51 \log (CTB)^2$	0,88***
	DH	$\text{Log} (P) = 0,02 + 0,84 \log (DH)$	0,41*
	HR	$\log (P) = - 0,82 + 4,54 \log (HR) - 1,54 \log (HR)^2$	0,71**
	H	$\log (P) = - 1,34 + 1,43 \log (H)$	0,86***
<i>Acacia raddiana</i>	CTB	$\log (P) = 0,68 + 0,96 \log (CTB)$	0,71***
	DH	$\text{Log} (P) = - 0,96 + 1,19 \log (DH)$	0,72***
	HR	$P = 148,4 + 7,85 HR - 0,04 HR^2$	0,65*
	H	$\text{Log} (P) = - 1,03 + 1,32 \log (H)$	0,73***
<i>Acacia seyal</i>	CTB	$P (g) = - 18,03 + 4,83 CTB - 0,06 CTB^2$	0,66*
<i>Balanites aegyptiaca</i>	CTB	$\log (P) = - 2,39 + 5,10 \log (CTB) - 1,43 \log (CTB)^2$	0,78***
	DH	$\text{Log} (P) = 77,61 - 105,2 \log (DH) + 47,35 \log (DH)^2 - 6,93 \log (DH)^3$	0,85***
	HR	$P = 22,20 + 4,04 HR - 0,02 HR^2$	0,67*
	H	$\text{Log} (P) = - 8,73 + 8,23 \log (H) - 1,56 \log (H)^2$	0,74***
<i>Ziziphus mauritiana</i>	CTB	$\log (P) = - 0,52 + 3,87 \log (CTB) - 1,28 \log (CTB)^2$	0,83***
	DH	$\log (P) = - 8,21 + 8,41 \log (DH) - 1,67 \log (DH)^2$	0,85***
	HR	$P = 46,13 + 5,63 HR - 0,03 HR^2$	0,75*
	H	$\text{Log} (P) = - 13,24 + 12,74 \log (H) - 2,59 \log (H)^2$	0,86***

\* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$

CTB : circonférence du tronc à la base ; DH : diamètre du houppier ; HR : hauteur des 1ères ramifications feuillues ; H : hauteur totale

## Le potentiel fourrager ligneux des pâturages étudiés

### La structure et composition du peuplement ligneux par type de pâturage

#### \* Pâturage de glacis

La flore ligneuse comporte 7 espèces et les 5 espèces étudiées représentent 96,1 %. *A. raddiana* constitue l'espèce dominante de ce pâturage avec 94,1 % (Tableau IV). La répartition par classe de hauteur montre une forte contribution de la classe < 1m avec 86,5 % de la population.

**Tableau IV.** Densité des espèces ligneuses par type de pâturage (pieds/ha)

	Classe 1 (< 1 m)	Classe 2 (1-3 m)	Classe 3 (3-5 m)	Classe 4 (5-7 m)	Classe 5 (> 7 m)
Pâturages des Glacis					
<i>A raddiana</i>	743	112	8	0	0
<i>A. laeta</i>	10	0	0	0	0
<i>A. seyal</i>	0	0	0	0	0
<i>B. aegyptiaca</i>	0	1	0	0	0
<i>Z. mauritiana</i>	2	0	0	0	0
<b>Densité totale</b>	<b>796</b>	<b>113</b>	<b>8</b>		
Pâturages des Ensablements					
<i>A raddiana</i>	474	45	10	2	0
<i>A. laeta</i>	27	7	6	3	0
<i>A. seyal</i>	20	2	2	0	0
<i>B. aegyptiaca</i>	70	11	8	3	2
<i>Z. mauritiana</i>	9	1	0	0	0
<b>Densité totale</b>	<b>611</b>	<b>70</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
Pâturage de Dépression					
<i>A raddiana</i>	43	22	2	1	0
<i>A. laeta</i>	39	2	2	1	0
<i>A. seyal</i>	31	18	31	19	3
<i>B. aegyptiaca</i>	13	11	9	3	1
<i>Z. mauritiana</i>	5	15	2	1	0
<b>Densité totale</b>	<b>160</b>	<b>177</b>	<b>53</b>	<b>26</b>	<b>6</b>

**\* Pâturages d'ensablements**

La composition floristique montre 11 espèces ligneuses dans ce type de pâturage dominé par *A. raddiana* (74,3 %) et *B. aegyptiaca* (13 %). Les trois autres espèces ne constituent que 6,0 % pour *A. laeta* ; 3,2 % pour *A. seyal* et 1,4 % pour *Z. mauritiana*. Ainsi, les espèces étudiées représentent 98 % de la flore recensée. La densité ligneuse moyenne est de 713 arbres par ha, composé à 85 % d'individus de taille inférieure à 1 m.

**\* Pâturages de dépressions**

La densité ligneuse s'élève ici à 425 individus/ha, repartis entre 13 espèces. Les principales espèces rencontrées sont : *Combretum aculeatum* (25,9 %), *A. seyal* (24,0 %), *A. raddiana* (16,0 %), *A. laeta* (10,3 %), *B. aegyptiaca* (8,9 %), *Z. mauritiana* (5,6 %), *Maerua crassifolia* (3,1 %) et *Combretum micranthum* (2,3 %). Les cinq espèces étudiées présentent une contribution totale de 65 %. Toutes les classes de hauteur sont représentées et se répartissent de façon décroissante de la classe (1) à la classe (5) ; 37,9 % pour la classe 1 ; 41,6 % pour la classe 2 ; 12,5 % pour la classe 3 ; 6,1 % pour la classe 4 et 1,9 % pour la classe 5.

## Potentiel de biomasse fourragère accessible des espèces étudiées dans les pâturages

En établissant la relation entre la production fourragère accessible par espèce étudiée et leur proportion relative par type de pâturage, on obtient une estimation de la production fourragère potentielle accessible des ligneux par type de pâturage (tableau V).

**Tableau V.** Biomasse fourragère potentielle des ligneux dans les différents pâturages

Espèces	Pâturage de glacis	Pâturage d'ensablements	Pâturage des dépressions
<i>Acacia raddiana</i> (g/ha)	49 166	27 776	7 586
<i>Acacia laeta</i> (g/ha)	147	4 597	1 893
<i>Acacia seyal</i> (g/ha)	0	378	4 245
<i>Balanites aegyptiaca</i> (g/ha)	52	4 254	3 817
<i>Ziziphus mauritiana</i> (g/ha)	68	584	5 150
<b>Total (kg/ha)</b>	<b>50</b>	<b>38</b>	<b>23</b>

Eu égard aux espèces étudiées, les pâturages de glacis enregistrent la production la plus élevée avec 50 kg/ha ; ensuite viennent ceux des ensablements avec 38 kg/ha et seulement 23 kg/ha dans les dépressions. Ce résultat est en rapport avec la contribution des espèces étudiées dans le peuplement ligneux de ces pâturages (96 % pour les glacis, 98 % pour les ensablements et 65 % pour la dépression).

Parallèlement la production de biomasse herbacée pendant la période d'étude a été évaluée à 660 kg/ha sur les pâturages de glacis, 950 kg/ha sur les ensablements et 1 180 kg/ha dans les dépressions. Ainsi, la contribution des ligneux étudiés dans le potentiel fourrager des pâturages a été alors de 7,5 % pour les pâturages de glacis, 4 % pour ceux des ensablements et 2 % pour les dépressions. La faible contribution observée au niveau des pâturages de dépressions s'explique par la diversité floristique ligneuse dans cette formation, notamment la présence de *Combretum aculeatum* (25,9 %) et de *Maerua crassifolia* (3,1%).

## Discussion

La hauteur de broutage est un indicateur de la performance d'un animal à prélever des fourrages ligneux situés au-dessus du sol en dehors de toute intervention du berger. Nos résultats sur la hauteur de pâture atteinte par les chèvres sont similaires à ceux de plusieurs auteurs (MENAUT, 1983 ; BREMAN et De RIDDER, 1991) qui estiment à environ 1,5 m la hauteur de biomasse accessible aux caprins. Djiblibrou (1995) rapporte une hauteur moyenne de 1,80 m atteinte par les chèvres de race sahélienne du Burkina. Sanon *et al.* (2007) ont trouvé une hauteur moyenne de 1,65 m et un maximum de 2,10 m pour les caprins de même type. Les valeurs obtenues sont dans l'intervalle de moins de 2 m donné par de nombreux auteurs (Le HOUEROU, 1980 ; PIOT *et al.*, 1980) pour les ruminants domestiques (bovins, ovins et caprins).

Pour la production de biomasse foliaire, la production accessible d'*A. seyal* obtenue dans notre étude a été plus faible que celle de Hiernaux (1980) qui a été de 80 g pour la strate 0-1 m et 350 g pour la strate 2-3 m. Mais, nos résultats obtenus sur *Z. mauritiaca* ont été plus élevés que ceux de cet auteur (40 g pour la strate 1-2 m et 160 g pour la strate 3-4 m). La différence de production

suisant la classe de hauteur serait un indicateur de l'âge des arbres comme relevé par les travaux de Nanglem (2001) sur le suivi phénologique des ligneux sahéliens. Par ailleurs, Bille (1980) a obtenu en Haute Volta, suivant le diamètre du tronc, des valeurs de production foliaire totale de 150 g à 3 500 g chez *A. laeta*, 60 g à 8000 g chez *A. seyal*, 50 à 1 600 g chez *A. tortilis (raddiana)* et 50 à 10 500 g chez *B. aegyptiaca* ; puis 50 à 4 700 g chez *Z. mauritiana* au Mali. Mais ces auteurs n'ont pas donné d'indications sur la partie accessible.

Par rapport aux relations d'allométrie, le model de régression linéaire ne convient pas assez bien et donne de faible coefficient souvent non significatif. La meilleure relation est obtenue lorsqu'une transformation logarithmique est effectuée avec des modèles de régression quadratique ou cubique. Nous conviendrons avec Bille (1980) que les polynômes de degré 2 ou 3 sont mieux appropriés pour l'expression des corrélations entre la production foliaire et les paramètres physiques des arbres. Cissé (1980) a trouvé des corrélations positives et significatives à 1 % ( $0,84 < r < 0,98$ ) entre le logarithme de la production foliaire totale et celui des paramètres physiques des arbres chez six espèces sahéliennes dont *A. seyal*, *Z. mauritiana* et *B. aegyptiaca*. Il a noté que la circonférence du tronc donne la meilleure corrélation chez *A. seyal* et *Z. mauritiana*, tandis que pour *B. aegyptiaca*, la hauteur semble mieux corrélée avec la production foliaire. Notre étude ciblée sur la production accessible montre que la production accessible est aussi significativement corrélée avec la circonférence du tronc chez ces trois espèces ( $R^2$  : 0,66 chez *A. seyal* ; 0,78 chez *B. aegyptiaca* et 0,83 chez *Z. mauritiana*) dans des modèles de régressions quadratiques. D'ailleurs, Cissé (1980) explique les fortes corrélations trouvées dans son étude par la sélection raisonnée des individus échantillonnés en évitant des cas anormaux.

Cependant, les corrélations obtenues ici sont légèrement plus faibles, que ceux de Cissé (1980). Cette différence pourrait s'expliquer d'une part, par le fait que seule la partie accessible a été considérée et d'autre part, par l'aspect physique des plantes. En effet, mis à part les individus de la strate inférieure à 1 m qui sont continuellement broutés, il est pratiquement impossible de trouver dans la zone d'étude des individus qui n'ont jamais subit d'émondage. Ainsi, le broutage des essences très appréciées du bétail, déforme les arbustes et crée une hétérogénéité de structure des individus, ce qui rend difficile l'appréciation de leurs paramètres physiques.

Mais, Menaut (1983), en évaluant la production foliaire des ligneux, n'avait pas trouvé de relation satisfaisante entre la production accessible et les paramètres des arbres. Selon lui cette absence s'explique par le broutage qui perturbe le processus de croissance. Djiblibrou (1995) avait trouvé une bonne corrélation ( $R = 0,87$ ) entre la production accessible et les premières ramifications feuillues avec *A. Seyal*, *A. Laeta* et *A. Nilotica*. Hughes *et al.* (1987) ont aussi noté des coefficients de détermination variant de 25 % à 97 % entre la production accessible en dessous de 125 cm et la couronne du houppier.

Les corrélations significatives trouvées, montrent qu'il est possible d'estimer la production accessible à partir des mesures de paramètres physiques des arbres. La méthode est cependant fastidieuse et consommatrice de temps surtout pour les plantes épineuses. Toutefois, elle a le mérite de fournir des indications sur la contribution des ligneux dans le disponible fourrager des pâturages. Pour être reproductible, la validation de la méthode est un préalable par des répétitions dans l'espace et dans le temps.

La structure de la strate ligneuse des pâturages étudiés montre des densités relativement faibles.

Cette faiblesse est sans doute liée aux conditions climatiques du milieu, à savoir la faible pluviométrie, la pauvreté des sols, et l'action de l'homme et des animaux. La taille réduite des sujets (inférieur à 1 m) est plus marquante. En effet, suivant les types de pâturage, 38 % à 86 % des ligneux ont une taille inférieure à 1 m et 9,6 % à 41,6 % sont compris entre 1 et 3 m. Le nombre important d'individus de petite taille fait penser qu'il existe une certaine capacité de régénération ligneuse. Cependant ces individus, qui sont directement à la portée des animaux, sont régulièrement broutés, ce qui pourrait ralentir leur croissance et/ou menacer leur survie pendant la longue saison sèche.

Les résultats sur la production fourragère accessible des ligneux des pâturages se rapprochent de ceux rapportés par Ickowicz (1995) dans le Sahel Tchadien qui sont de 19 à 34 kg/ha suivant les sites. Par rapport au potentiel fourrager ligneux des pâturages, le faible résultat au niveau du pâturage des dépressions pourrait s'expliquer d'une part par la diversité floristique ligneuse dans ce type de milieu, mais aussi de la faible production accessible obtenue avec *A. seyal* qui y est bien représenté. Nos résultats, bien qu'il s'agisse de la production accessible et concernant quelques espèces seulement, sont nettement plus faibles que ceux relevés par Hiernaux (1980) dans le Sahel malien qui est d'environ la moitié de la production de la biomasse herbacée. Le Houerou (1980) et Hiernaux (1980) notent des productions foliaires de 0,4 à 2 t de MS/ha/an au Sahel. Fontes et Guinko (1995) estiment que cette production peut atteindre 1,0 à 2 t/ha dans les savanes boisées. Breman et De Ridder (1991) rapportent 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. De même, Piot *et al.* (1980) et Gaston et Lamarque (1994) considèrent que la moitié de la production totale de feuilles et fruits sont consommés par le bétail. Nos résultats sont inférieurs à ceux donnés par ces auteurs compte tenu de la spécificité de l'étude qui concerne la production accessible. En effet, la plupart des travaux ont trait à la production foliaire totale et les données sur la part accessible sont soit manquantes, soit estimées en pourcentage de cette production totale.

Néanmoins cette production, de part sa richesse en protéine (> 12 % de matière sèche) rapporté par plusieurs auteurs (Le HOUEROU, 1980 ; SPEEDY and PUGLIESE, 1992 ; SANON *et al.*, 2008), constitue un appoint important aux fourrages herbacés en fin de cycle. De plus, cette évaluation n'a pas tenu compte de la production de fruits et de litières qui sont d'une importance capitale en saison sèche (SANON *et al.*, 2005).

## Conclusion

Le disponible en fourrage ligneux accessible en fonction des espèces étudiées varie suivant les types de pâturage. Leur contribution dans le potentiel fourrager des pâturages peut représenter entre 2 et 7 %, en rapport avec les espèces étudiées. La prise en compte de l'ensemble des espèces ligneuses appétibles recensées devrait augmenter sensiblement la part des ligneux. Par ailleurs, si l'ensemble des ressources produites ou disponibles des ligneux avait été évalué, on pourrait exprimer les fractions accessibles en fonction de cette production totale. *A. raddiana* qui présente la production la plus élevée est également une espèce en pleine expansion dans la zone. Cette espèce serait alors prometteuse pour l'amélioration de l'alimentation en productions animales.

Des corrélations significatives trouvées entre la production accessible et les paramètres physiques des arbres démontrent la possibilité d'exprimer indirectement la production foliaire accessible. D'une manière générale, la circonférence du tronc est significativement corrélée avec la production accessible chez toutes espèces étudiées. Ce paramètre étant plus facile à mesurer sur le terrain, il devra retenir une attention particulière pour l'estimation de la production foliaire accessible. Ainsi, pour une zone donnée où des inventaires floristiques ont été effectués, avec les caractéristiques de chaque espèce (hauteur, circonférence du tronc, diamètre du houppier, hauteur des ramifications feuillues) il serait possible d'estimer la production de biomasse foliaire accessible. Cependant, une validation de la méthode s'impose par une répétition dans d'autres sites ayant des caractéristiques éco-climatiques similaires. Une révision à la hausse du nombre d'individus échantillonnés pourrait aussi améliorer les relations.

En terme d'implication pour le développement, on peut noter que l'augmentation du disponible accessible en fonction de la hauteur des individus, montre qu'il n'est pas toujours nécessaire d'émonder les arbres pour affourager les animaux. Cela pourrait advenir pour les individus de grande taille tels que ceux supérieurs à 7 m de *A. seyal*, *B. aegyptiaca*, *A. laeta*. Cependant, sous les conditions climatiques aléatoires du Sahel, tout émondage devrait être proscrit, car compromettant pour l'arbre parce que la litière constituée de feuilles et fruits peut être directement pâturée par les animaux pendant la saison sèche.

## REFERENCES

- AZOCAR P., LAIDHACAR S., PADIALLA F. et ROJA H., 1991.** Méthode d'évaluation de la phytomasse utilisable des arbustes fourragers *Atriplex repanda* et *Flowiensiya thrurifera*. In : Gaston A, Kernck M. et Le Houerou H.N. Actes du IV<sup>ème</sup> Congrès International des Terres de Parcours ; vol 2. Montpellier, France, CIRAD, 512 - 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, p. 167 – 179.
- BELLEFONTAINE R., GASTON A., PETRUCCI Y., 1997.** Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. FAO, Rome, 315 p.
- BILLE J. C., 1980.** Mesure de la production primaire appétée des ligneux. In : Le Houerou H.N., Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, 183 - 193.
- BREMAN H. et DE RIDDER N., 1991.** Manuels sur les pâturages des pays sahéliens. ACCT - CAT. Karthala, 485 p.
- CISSÉ M.I., 1980.** Production fourragère de quelques arbres sahéliens : Relations entre biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. In Le Houerou H.N., Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, 203 - 208.
- DJIBLIROU H., 1995.** Évaluation de la biomasse appétible de quelques ligneux fourragers au Sahel. Possibilités d'exploitation de quatre espèces ligneuses par les caprins. Mémoire de fin d'étude IPR de Katibougou, Mali, 50 p.
- FONTES J. et 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, Paris, France, 67 p.
- GASTON A. et LAMARQUE G., 1994.** Les pâturages sahéliens de l'Afrique de l'Ouest. Extrait des Atlas élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Wageningen, Pays Bas, CTA, 221 p.
- 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. Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, p. 195 - 201.
- HUGHES H. G., VARNER L. W. et BLANKENSHIP L. H., 1987.** Estimating Shrub Production from Plant Dimensions. Journal of range management 40(4) : 367–369.

- ICKOWICZ A., 1995.** Approche dynamique du bilan fourrager, appliquée à des formations pastorales du Sahel Tchadien. Thèse de Doctorat, Univ. Paris XII, Paris, France, 451 p.
- LE HOUEROU H. N., 1980.** Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, CIPEA, 481 p.
- MENAUT J. C., 1983.** Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de Haute-Volta, 124 p.
- NANGLEM N. S., 2001.** Evaluation de la production de biomasse ligneuse accessible aux caprins. Mémoire de fin d'études IDR ; Univ. Polytech. de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 93 p.
- PATON D., NUNEZ J., BAO D., MUNOZ A., 2002.** Forage biomass of 22 shrub species from Monfrague Natural Park (SW Spain) assessed by log-log transformation models. *J. Arid Environ.* 52, 223–231.
- PIOT J., NEBOUT J. P., NANOT R. et 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, 217 p.
- POISSONET J., GILLET H., TOURÉ I. A. et CABARET M., 1985.** Méthodologie pour l'étude des pâturages sahéliens. Aide Mémoire. FAPIS, Dakar, Sénégal, 28 p.
- SAÏD S., PELLERIN M., GUILLON F., DE' BIAS F., FRITZ H., 2005.** Assessment of forage availability in ecological studies. *Eur. J. Wildl. Res.* 51, 242–247.
- SALIS S. M., ASSIS M. A., MATTOS P. P., PIAO A. C. S., 2006.** Estimating the aboveground biomass and wood volume of savanna woodlands in Brazil's Pantanal wetlands based on allometric correlations. *For. Ecol. Manage.* 228, 61–68.
- SANON H. O., NIANOGO J. A., NANGLEM N. S. et SANOU S., 2005.** Amount of fallen fodder components from *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana* available to ruminants in selected Sahelian pastures. *Livestock Research for Rural Development* 17 (12) 2005 ; 10 p.
- SANON H. O., ZOUNGRANA-KABORÉ C. and LEDIN I., 2007.** Behaviour of goats, cattle and sheep, and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. *Small Ruminant Research*, 67 (64 – 74)
- SANON H. O., ZOUNGRANA-KABORÉ C. and LEDIN I., 2008.** Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the Sahelian zone of West Africa. *Animal Feed Science and Technology*, 147: 97-110.
- SPEEDY A., PUGLIESE P.L., 1992.** Legume trees and others trees as protein sources for livestock. In: Speedy, A., Pugliese, P.L. (Eds.), *Proceedings of FAO expert Consultation held at MARDI, 14–18 October 1991.* FAO, Kuala Lumpur, p. 339.
- TER-MIKAELIAN M. T., KORZUKHIN M. D., 1997.** Biomass equations for sixty-five North American tree species. *For. Ecol. Manage.* 97, 1–24.

## Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien financier de la Fondation Internationale pour la Science (F.I.S.) à qui nous témoignons notre profonde gratitude.