



THÈSE D'ÉTAT

présentée pour obtenir le grade de

Docteur ès-Sciences Naturelles

par

Chantal-Yvette KABORÉ-ZOUNGRANA

Composition chimique et valeur nutritive
des herbacées et ligneux des pâturages naturels
soudaniens et des sous-produits du Burkina Faso

soutenue le 11 Février 1995

devant la commission d'examen

Président : Comlan de SOUZA

Professeur, Université du Bénin

Examineurs : Sita GUINKO

Professeur, Université de Ouagadougou

Camille DEMARQUILLY

Directeur de Recherches, INRA - France

Jacques POISSONET

Directeur de Recherches, INERA - Burkina Faso

Laya Lambert SAWADOGO

Maître de Conférences, Université de Ouagadougou

AVANT-PROPOS

Cette thèse a bénéficié du soutien matériel, financier et moral de plusieurs personnes et organismes.

Je saisis cette opportunité pour manifester à tous, à travers les quelques noms cités, ma profonde gratitude.

Mes remerciements très chaleureux vont tout d'abord à Monsieur C. Demarquilly, Directeur de recherche, qui a accepté l'encadrement scientifique de ce travail. Ses conseils et suggestions, sa disponibilité permanente depuis la conception de ce travail jusqu'à la rédaction et la correction de ce mémoire m'ont été d'un grand apport.

Des analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de la valeur alimentaire de l'INRA de Theix. Je profite pour remercier tous ceux qui ont permis leur réalisation, notamment J. Aufrère avec qui j'ai pu me familiariser à certaines techniques de dosage et pour la grande sympathie qu'elle m'a toujours manifesté durant mes différents séjours à Theix.

Monsieur le Pr S. Guinko, avec qui je garde le meilleur souvenir d'une collaboration fructueuse surtout lors des études menées dans le Sahel Burkinabè, même si ces résultats ne sont pas intégrés au présent travail.

Qu'il soit par ailleurs remercié pour l'intérêt qu'il a témoigné à cette thèse en acceptant sa co-direction.

Monsieur le Professeur C. De Souza, Monsieur J. Poissonet Directeur de recherche, Monsieur le professeur L. Sawadogo me font l'honneur d'accepter de participer à ce jury malgré les nombreuses charges qui les occupent, je les en remercie très vivement.

Je tiens aussi à adresser mes sincères remerciements à:

Monsieur H. Guerin qui a porté un intérêt particulier au volet d'étude sur les ligneux et qui a permis la réalisation de certains dosages à l'IEMVT.

Monsieur O. Diambra du LACENA d'Abidjan pour sa franche collaboration entre 1987 et 1989.

Les collègues de l'université de Ouagadougou ou ceux rencontrés au laboratoire de Theix et avec qui nous avons eu des échanges fructueux.

Les Etudiants qui ont participé au travail de terrain et aux différentes analyses, de même que le personnel du laboratoire de nutrition et de la Station expérimentale de Gampéla.

Le projet RUG/ISP qui a financé une partie de ce travail notamment entre 1989 et 1991.

Mes remerciements les plus sincères vont :

A ma mère, à mes soeurs et frères qui ont été toujours présents surtout lors des épisodes douloureux que j'ai pu traverser au cours de ces deux dernières années.

A mon époux et collègue, qui m'a initié aux méthodes d'études du pâturage et avec qui j'ai réalisé de nombreux travaux de terrain.

Sa confiance permanente dans ce travail, son soutien toujours efficace surtout lors de ces années d'absence à la maison ont permis la consécration de ce mémoire.

Ce travail est aussi en quelque sorte le sien.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : VALEUR NUTRITIVE DES FORRAGES HERBACEES ET DES LIGNEUX	4
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	
CHAPITRE II : CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE	37
CHAPITRE III : METHODES D'ETUDE	44
TROISIEME PARTIE : RESULTATS	
<i>LES FOURRAGES HERBACEES</i>	
CHAPITRE IV : PHENOLOGIE, HAUTEUR ET BIOMASSE DES ESPECES ET DU PATURAGE	60
CHAPITRE V : COMPOSITIONS MORPHOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES HERBACEES	84
CHAPITRE VI : INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE DES FOUINS D'HERBACEES	118
<i>LES FOURRAGES LIGNEUX</i>	
CHAPITRE VII : PHENOLOGIE DES LIGNEUX	142
CHAPITRE VIII : COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX	149
CHAPITRE IX : DIGESTIBILITE DES LIGNEUX	164
<i>LES SOUS - PRODUITS</i>	
CHAPITRE X : VALEUR NUTRITIVE DES SOUS-PRODUITS AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS DU BURKINA FASO	189
CONCLUSION GENERALE	196
BIBLIOGRAPHIE	201
ANNEXES	

INTRODUCTION

Pays continental et enclavé, situé au coeur de l'Afrique de l'Ouest, le Burkina Faso est un pays à vocation agricole. L'activité d'élevage concerne directement 28 à 35% de la population active, contribue pour 8.7 p.100 au produit intérieur brut (PIB), et constitue environ 26 p.100 des exportations.

Le cheptel y est en forte progression numérique; en 10 ans (1978-1989), le nombre des principaux herbivores (bovins, ovins, caprins) aurait plus que doublé. Sur l'ensemble du pays, la répartition numérique de ce cheptel n'est pas homogène. La zone nord-soudanienne héberge 45.6 p.100 des unités bétail tropical (UBT) totales. C'est aussi la zone où la pression démographique est la plus forte et où, dans certaines localités, l'espace pastoral s'est considérablement rétréci et se confond pratiquement aux espaces des champs de cultures laissés en jachère (Zoungrana et Kaboré-Zoungrana, 1992). Dans ces zones, de telles modifications s'opposent alors à la viabilité des systèmes d'élevages existants, basés en grande partie sur la mobilité du bétail, et concourent au renforcement du système de sédentarisation, qui implique une gestion plus rationnelle des ressources fourragères.

Le présent travail porte sur la valeur nutritive des ressources alimentaires utilisables par le bétail en zone soudanienne et plus particulièrement sur celle des fourrages des pâturages soudaniens qui ont fait l'objet de très peu d'études par comparaison à ceux de la zone sahélienne. Les études en zone soudanienne ont porté en effet presque exclusivement sur la détermination de la composition floristique et l'évaluation de la biomasse (Guinko 1984; Fournier 1990; Zoungrana 1991).

D'un point de vue nutritionnel, le problème fondamental posé reste la grande variation de ces pâturages sur le double plan : quantitatif et qualitatif. Le pâturage naturel n'arrive à couvrir les besoins alimentaires des animaux que pendant une très courte

période : 3 mois environ dans l'année. A cette période d'abondance, succède une longue période sèche au cours de laquelle le pâturage devient déficient en qualité et même parfois en quantité compte tenu de certaines détériorations (feux, piétinement, etc...). Au cours de cette longue période sèche, le déficit fourrager constitue le facteur principal limitant le développement de l'élevage dans la zone. La production animale est entravée, et on assiste à une stabilisation, voire une chute, du poids des animaux utilisant ces pâturages.

L'amélioration de la productivité du cheptel passe donc par une utilisation rationnelle du disponible fourrager des pâturages naturels qui constituent la principale source alimentaire pour le bétail.

Elle implique dans un premier temps, la détermination de la biomasse de façon à ce que les animaux trouvent une nourriture suffisante en quantité. Cependant, il ne suffira pas d'évaluer le pâturage en terme de production primaire et stade écologique. Ces données seraient incomplètes si l'on ne prenait pas en considération la "valeur animale" de la végétation, c'est-à-dire la production secondaire. Celle-ci dépend aussi de la qualité du pâturage. Il est donc important de connaître la valeur alimentaire du pâturage à un instant donné, de déterminer ses déficiences et de mesurer et prévoir l'évolution de cette valeur dans le temps, selon la saison et le mode d'utilisation, de façon à préciser : 1) le stade de croissance ou l'époque auquel il faudrait, si possible, les exploiter pour en tirer les quantités maximales de principes nutritifs et, par là, de produits animaux à l'ha; 2) ou, a défaut, la complémentation minimale, en quantité et en qualité, à apporter aux animaux suivant les performances animales souhaitées.

Il est donc intéressant de :

1- essayer de **déterminer la production secondaire du pâturage** en se basant sur le fait qu'elle est conditionnée par plusieurs facteurs à savoir :

- la productivité
- l'appétibilité

- les quantités consommables et effectivement consommées
- la concentration des plantes en éléments nutritifs indispensables
- la digestibilité des éléments des espèces consommées.

2- voir dans quelle mesure **les productions issues des ligneux pourraient contribuer à la constitution de la ration**, dans la mesure où nous savons qu'une partie du déficit quantitatif et surtout qualitatif (azote, minéraux, vitamines) des productions graminéennes de saison sèche est compensée par les parties appétibles des ligneux (feuilles et fruits).

3- voir les possibilités de **mettre au point une exploitation rationnelle des productions de ces pâturages** aussi bien au niveau des graminées (constitution de foins) que des ligneux (émondage et mise en réserve des feuilles avant leur chute).

4- **connaître la valeur nutritive des sous-produits agricoles (SPA) et sous-produits agro-industriels (SPAI)** existant au niveau du pays et étudier dans quelle mesure ils peuvent contribuer à l'amélioration de la ration.

L'étude du pâturage se fera, sur des cycles entiers de végétation, par approches successives en s'intéressant aux espèces graminéennes, aux légumineuses, de même qu'aux ligneux fourragers les plus représentatifs de la zone, de façon individuelle dans un premier temps, puis en considérant le pâturage dans sa globalité dans un second temps.

PREMIERE PARTIE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

BIOMASSE ET VALEUR NUTRITIVE DES FOURRAGES HERBACEES ET LIGNEUX

INTRODUCTION

De nombreux auteurs ont fait état d'une réduction de plus en plus grande de la production fourragère dans plusieurs régions du monde. Ce phénomène résulterait à la fois de pressions anthropozoogènes diverses sur les ressources naturelles, mais aussi de perturbations climatiques qui affectent la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis déjà quelques décennies.

Au Burkina Faso, les principaux types de végétation sont essentiellement représentés par des savanes soudaniennes au Sud et des steppes sahéliennes au Nord, avec une nette prédominance des savanes qui couvrent 2/3 du pays.

Dans ces formations végétales qui sont parcourues par les animaux en quête de nourriture, on note une prédominance en nombre des espèces de la strate herbacée (graminées plus particulièrement).

Les ligneux, moins représentés, ont de tout temps été exploités de façon intensive, voire destructive, pour des fins diverses :

alimentation et usages médicinales pour l'homme et ses animaux, construction, bois de service et de chauffe etc.

Une mention particulière doit être faite de l'utilisation des ligneux dans l'affouragement des animaux domestiques et sauvages, notamment pendant la saison sèche, puisque plus de 75% des arbres et arbustes de l'Afrique de l'Ouest sont fourragers (Skerman, 1977).

La dépendance des animaux vis à vis d'un type de fourrage (herbacées ou ligneux) varie avec la zone écologique considérée; celle des ligneux augmente avec l'aridité (Attah-

Krah, 1989) et l'on constate ainsi une plus grande consommation des ligneux en zone sahélienne comparée à la zone soudanienne.

Quelle que soit la zone écologique considérée, l'exploitation des arbres et arbustes par les animaux est maximale pendant la saison sèche, période au cours de laquelle ils sont parfois intensément exploités surtout par les caprins. Les ligneux représenteraient à cette période 25% de la ration du bétail et atteindrait un plafond de 45% vers la fin de la saison sèche (Blancou cité par Le Houérou, 1980 a).

Les modes d'exploitation menacent souvent la vie des espèces. Les charges trop importantes détruisent le tapis herbacé et, dans le cas des ligneux, lorsque le feuillage se trouve hors de portée des animaux, les bergers n'hésitent pas à mutiler un arbre en coupant les grosses branches et parfois même le tronc. Seules quelques rares espèces comme *Acacia albida* bénéficient localement d'une protection par les coutumes.

Au total, les pressions constantes et graduelles sur les espèces pâturées ainsi que les modes d'exploitation sauvages ont largement entamé la physionomie et la structure des végétations des pâturages naturels. Les formations forestières ont très vite fait place aux savanes, elles-mêmes progressivement transformées en formations steppiques où les ligneux sont de plus en plus épars. Dans certains cas, on assiste à une menace de disparition de certaines espèces parmi les plus activement recherchées. C'est le cas par exemple de *Andropogon gayanus* qui, sous l'influence du climat mais aussi d'une exploitation intensive, a presque totalement disparu des régions sahélienne et soudanienne de transition du Burkina Faso.

Traditionnellement, les fourrages, herbacées comme ligneux, ne bénéficient généralement d'aucune méthode de transformation ni même de conservation, à l'exception des résidus de récolte (pailles de céréales et fanes de légumineuses cultivées) ou, encore plus récemment, des gousses d'*Acacia albida* et des sous-produits agro-industriels.

Les mesures de reboisement à grande échelle, qui ne visaient que la production de bois de feu, se sont presque partout soldées par des échecs en partie dûs à l'inadaptation des essences utilisées.

Dans les systèmes agro-forestiers qui se développent de plus en plus, l'attention reste, dans bien des cas, focalisée vers la production de fumier organique destiné aux champs de culture plutôt que sur la production de plantes fourragères.

En dépit de l'importance accrue des pâturages naturels dans l'alimentation du bétail, des densités d'herbacées et de ligneux de plus en plus faibles dans les paysages pastoraux, de même que des multiples autres utilisations de ces espèces, la politique de gestion des parcours reste lente à se mettre en place.

Des mesures administratives sont certes prises par le ministère chargé de l'Environnement pour sanctionner "les coupes abusives de bois" ou les feux de brousses, mais sans que de véritables mesures d'accompagnement ne soient mises en place, notamment en matière de ressources fourragères.

Le caractère extensif de l'élevage traditionnel, basé sur un système de libre service où l'exploitation des parcours est non contrôlée du fait de l'inexistence d'une législation foncière reconnue, peut expliquer en partie l'absence d'une véritable gestion des espaces pastoraux. A cela s'ajoute incontestablement la méconnaissance relative de la valeur pastorale des espèces.

Les fourrages herbacés (graminées et légumineuses) ont fait l'objet d'études poussées à travers le monde. Ce n'est pas le cas des espèces herbacées spontanées tropicales et encore moins des ligneux.

Pour ces derniers, les difficultés inhérentes à leur étude évoquées par les différents auteurs, portent entre autres sur :

- leur importance numérique;
- la diversité de ces nombreuses espèces au niveau des comportements biologique (phénologie, diversité des formes de reproduction etc), morphologique et écologique;
- les fortes disparités quantitatives et qualitatives;
- la difficulté à collecter suffisamment d'échantillons homogènes et représentatifs pour les essais;
- les problèmes liés à la faible quantité ingérée de certaines espèces

- les problèmes méthodologiques d'évaluation de la production primaire : la production primaire devant prendre en compte les divers organes appréciés (feuilles, fleurs et fruits).

La revue bibliographique qui va suivre, loin d'être exhaustive, abordera les principaux volets d'étude des fourrages en rapport avec la production animale, en essayant surtout de faire ressortir les spécificités des fourrages ligneux.

Le volet sur la composition chimique (teneurs et facteurs de variation), concernera presque exclusivement les ligneux, car la bibliographie concernant les herbacées tropicales a porté essentiellement sur des espèces cultivées, souvent sous irrigation et avec une fertilisation importante donc dans des conditions très différentes de notre étude.

I- BIOMASSE ET PHENOLOGIE

1- Biomasse

1.1- Les herbacées

Pour l'évaluation de la biomasse de la partie aérienne des herbacées, la méthode la plus ancienne et la plus directe est celle de la récolte intégrale (Odum, 1960). Elle est actuellement la plus appliquée au Burkina faso (Levang et Grouzis, 1980; Guinko et Zoungrana, 1987; Fournier, 1990; etc...). Elle utilise des placettes échantillons, de taille et forme variables, dont le nombre est fonction de la précision de mesure recherchée.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle est lourde et destructive.

1.2- Les ligneux

Peu de données existent dans la littérature sur la biomasse des ligneux fourragers, en particulier pour la zone soudanienne. Les principales informations concernent des espèces cultivées telles que *Leucaena*, *Gliricidia*, *Sesbania*.

D'une manière générale, les auteurs distinguent plusieurs catégories dans l'évaluation de la biomasse :

- la biomasse totale qui intègre les parties non consommées de l'arbre tel que le bois et les organes non mangés;

Tableau 17: Phytomasses maximales des strates herbacées (t MS/ha) des 3 zones phytogéographiques du Burkina Faso réparties en 44 stations (Zoungrana et Zoungrana, 1992).

Station	Zone Phytogéographique	Pluviométrie moyenne annuelle (en mm)	Durée de la période active de végétation (en jours)	Type de Végétation et Géomorphologie	Phytomasse t/ha (MS)	
1	Sahel	≤ 500	52	Steppe arbustive de glacis sahélien	1,17	
2				Steppe arborée dense de terrasse basse alluviale	1,05	
3				Steppe herbeuse de dune (erg ancien)	4,34	
4				Steppe arbustive de bordure de mare	3,55	
5				Steppe arbustive de replat interdunaire	1,60	
6				Steppe arbustive de couloir interdunaire	1,90	
7				Steppe herbeuse de dune (erg récent)	4,25	
31				Prairie aquatique	4,08	
43	Transition	500-600	99	Steppe arbustive dégradée de plaine d'érosion	1,52	
44				Steppe arbustive des buttes et collines	2,35	
8	Soudan Nord	600-800	117	Savane arborée et vallée hydromorphe	3,87	
9				Savane herbeuse de bas-fond	4,58	
10				Savane arborée et arbustive de glacis de versant moyen	2,94	
11				Savane arborée de plateau	3,85	
12				Savane arborée et arbustive de glacis de bas de pente	2,68	
13				Savane arborée de plateau	3,42	
14		Savane arborée et arbustive de bas de pente	2,89			
32			800-900	127	Savane arborée et arbustive de sommet de plateau et butte cuirassée	1,93
33					Savane arborée claire de versant médian	2,90
34					Savane arborée claire de versant inférieur	3,30
35					Groupement de jachère ancienne	2,23
36		Transition			Groupement de jachère récente de bas de pente	2,67
37					Savane arborée dense de bas de pente	2,96
38		Savane arborée claire de versant médian			3,35	
39		Groupement de jachère récente de bas de pente	4,00			
40		Savane arborée dense de bas de pente	2,27			
41		Savane arborée claire de versant médian	2,17			
42		Savane boisée prériveraine	1,40			
15	Soudan sud	P > 900	160	Savane arborée et arbustive de sommet de colline	3,87	
16				Savane arborée dense de plaine	3,88	
17				Savane arborée dégradée de pente inférieure	3,50	
18			170	Savane arborée sur butte cuirassée	2,40	
19				Savane herbeuse de bas-fond	5,41	
20				Prairie aquatique	7,32	
21				Savane arborée et arbustive de plaine	4,90	
22				Savane boisée de versant	4,40	
23				Savane arborée dense de plaine	3,40	
24				Savane herbeuse de bowal	2,80	
25			Savane arborée dense de basse plaine alluviale	6,45		
26			157	Savane arborée dense de versant médian	6,68	
27				Prairie aquatique	8,13	
28				Savane arborée et arbustive de sommet de plateau cuirassé.	4,22	
29		Savane boisée de bas de pente	5,93			
30		Forêt dense sèche				

- la biomasse disponible correspondant à la biomasse potentiellement comestible ;
- et enfin la biomasse accessible aux animaux c'est à dire disponible et à leur portée. Cette dernière catégorie est généralement estimée jusqu'à 2m du sol. Au delà, elle est considérée comme non disponible dans le cas de méthode d'exploitation non destructive, ce qui n'est pas souvent le cas dans les situations de pénurie du tapis herbacé. La biomasse accessible peut être encore plus réduite dans le cas de buissons extrêmement denses. On peut aller alors à ne considérer que la surface des arbres.

Dans certains cas, par soucis de précision, la biomasse des jeunes pousses est évaluée globalement (feuilles et tiges) ou séparément selon les composantes feuilles, tiges, fleurs et fruits. Les différentes approches, plus ou moins complexes selon le ou les objectifs visés par les chercheurs, rendent les comparaisons de résultats de biomasse souvent difficiles et fort délicates.

La plupart des mesures de biomasse des ligneux sont basées sur des récoltes directes des parties ou organes appréciés ou bien c'est l'individu entier qui est considéré et abattu.

1.3- Variation de la biomasse

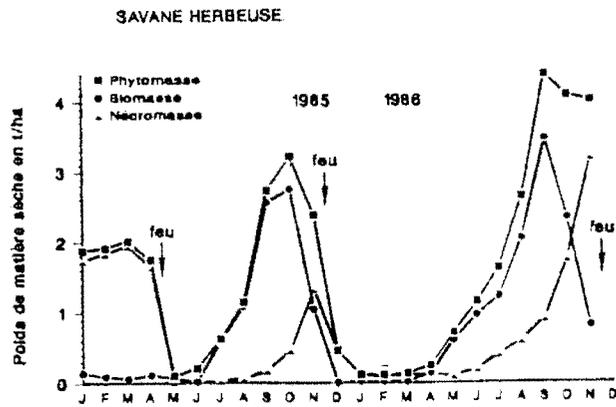
La phytomasse maximale dans les 3 zones écologiques du Burkina Faso réparties en 44 stations est donnée au tableau I-1.

Il existe une variabilité de la biomasse liée aux groupements végétaux associés aux types physiologiques (Zoungrana et Kaboré-Zoungrana, 1992), à des positions topographiques et à des types de sol. A cette variabilité interfacielle s'ajoute une variabilité due au climat qui concourt, notamment par la pluviométrie (quantité totale mais aussi répartition), à une modification quelquefois très significative de la phytomasse d'une année à l'autre (le Houerou et Hoste, 1977; le Houerou, 1980 b).

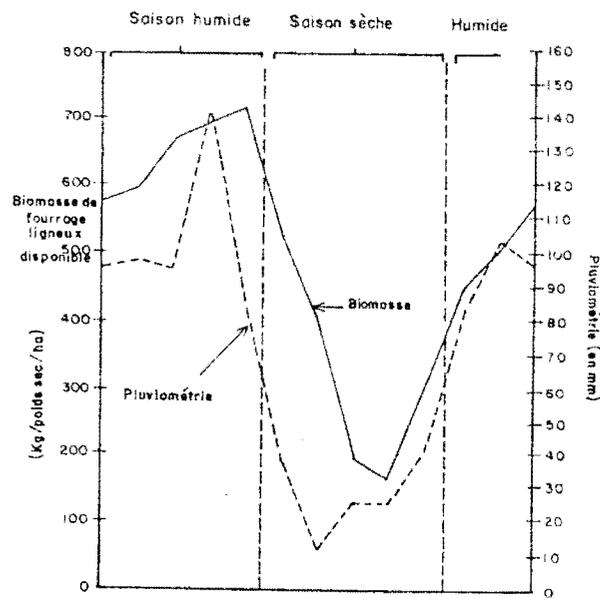
De tous les facteurs cités, l'âge des plantes paraît le facteur de variation le plus important (Noitsakis et al., 1992). Cette variabilité avec les stades successifs correspond, selon l'espèce, à un développement particulier des différents organes de la plante.

Figure I-1 : Cycle saisonnier de la biomasse (a) d'une savane herbeuse (Fournier, 1990) et (b) d'une forêt de régénération d'Acacia (Pellew, 1980).

(a)



(b)



Le caractère saisonnier de la biomasse est illustré à la figure I-1a pour les herbacées et I-1b pour les ligneux.

A la fin de la saison sèche, alors que l'herbe est rare et que son niveau nutritionnel est au plus bas, les plantes ligneuses fournissent encore une biomasse importante. Ces variations rendent les équations de prédiction de la phytomasse à partir des paramètres physiques (hauteur, quantité totale d'eau tombée) ou de l'âge, qui sont faciles à mesurer, peu fiables.

Dans le cas des ligneux, des abaques ont été construits à partir des évaluations de biomasse. Des corrélations souvent positives et significatives ont pu être établies, notamment entre la biomasse et la circonférence du tronc chez des espèces sahéliennes : *Acacia albida*, *Acacia seyal*, *Pterocarpus lucens*, *Ziziphus mauritiana*, *Commiphora africana*, alors qu'avec *Balanites aegyptiaca*, la meilleure corrélation est obtenue entre la biomasse et la hauteur (Cissé, 1980).

Les équations sont du type :

$$\text{Log } P = a \log x + b$$

P = Biomasse

x = mesure physique (circonférence du tronc, hauteur, surface de la couronne)

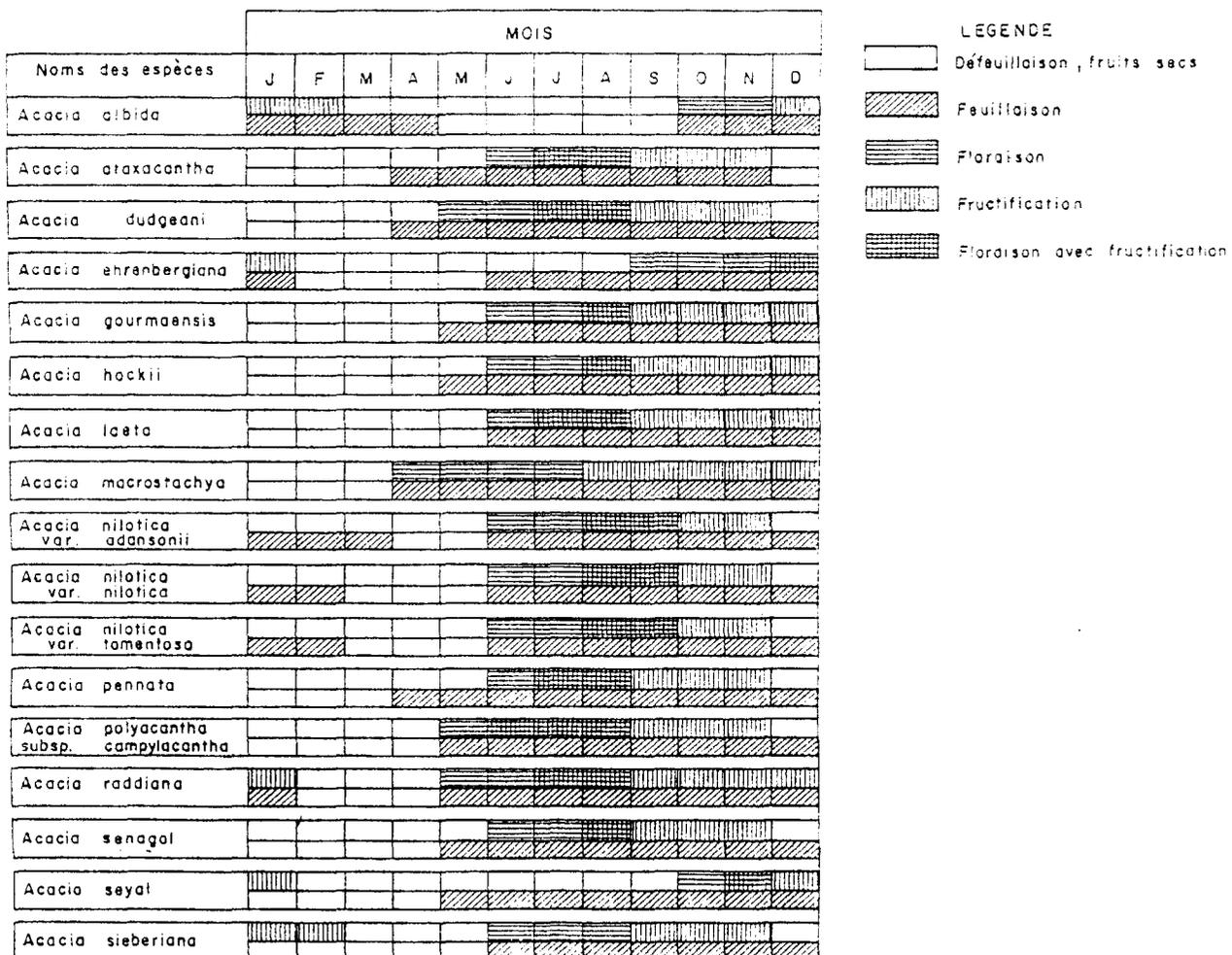
a et b = constantes variant en fonction de l'espèce

Des réserves sont toutefois émises par les auteurs pour l'utilisation de ces équations dans le cas d'individus dont les mesures de dimensions s'écarteraient de celles des échantillons utilisés pour l'établissement des abaques. De telles précautions sont requises notamment dans les pâturages naturels sahéliens et nord-soudaniens où le port des espèces est souvent transformé du fait de l'émondage continu de leurs branches.

Tableau I-2 : Productions de matière sèche et digestibilité in vitro des feuilles de ligneux de la famille des légumineuses en fonction de l'espèce et du site d'étude (Parjaitan et al., 1989).

Species	D.M. Leaf yield (g/tree/yr)				I IVOMD			
	Cisarua	B.Apus	Grati	S.Putih	Cisarua	B.Apus	Grati	S.Putih
<i>L. leucocephala</i> cv. El Salvador	243	61	2385	554	41.8	46.3	57.3	31.8
<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	302	25	2705	505	41.7	49.3	53.7	34.5
<i>L. leucocephala</i> (local)	272	-	920	233	39.9	-	56.9	51.0
<i>Gliricidia sepium</i>	262	1480	2700	-	48.9	41.2	50.9	45.2
<i>Sesbania grandiflora</i>	20	90	505	169	50.2	40.1	-	50.9
<i>Sesbania sesban</i>	-	-	610	-	-	-	69.5	-
<i>Albizia falcataria</i>	24	529	1	654	27.2	33.1	-	31.2
<i>Calliandra calothyrsus</i>	1006	1009	1	630	40.7	24.8	-	51.1

Figure I-2: Phénologie des Acacias au Burkina Faso et au Niger (Guinko, 1991)



Une étude effectuée en Indonésie par Panjaitan et al., (1989) montre que la biomasse des ligneux a fortement varié en fonction de l'espèce et de la zone agroclimatique (tableau I-2) et que les variétés de *Leucaena* introduites ont des productions de matière sèche supérieures à la variété locale.

De tels aspects de production ont souvent conduit à proposer hâtivement l'introduction d'essences exotiques (*Leucaena*, *Eucalyptus*...) sans qu'il ne soit tenu compte du fait que ces vitesses de croissance rapides s'accompagnent inexorablement d'une exploitation plus accrue des ressources en eau et des nutriments du sol.

En conclusion, les mesures de la biomasse aérienne des ligneux sont variées, plus ou moins lourdes et grandes consommatrices de temps. Les résultats obtenus sont également variables et dépendent en partie de la méthode utilisée, des organes échantillonnés, du choix de l'aire d'échantillonnage et de la zone écologique. Ceci explique que leur biomasse ait été rarement prise en compte lors de l'évaluation de la capacité de charge des pâturages tropicaux, quand bien même ils représentent une composante non négligeable des pâturages. Tout au plus, leur présence est-elle signalée, laissant apparaître un éventuel accroissement des charges ainsi calculées.

2- Phénologie

La variabilité phénologique des plantes de savane est due à plusieurs causes liées aux caractéristiques des espèces et à la diversité des conditions de milieu. Chaque espèce a une phénologie propre, même dans des conditions de milieu identiques (figure I-2).

La vitesse d'apparition des organes, ou vitesse de développement phénologique est aussi fortement influencée par des facteurs de l'environnement notamment l'eau, la température et la durée du jour (Van Soest, 1982).

Les graminées annuelles persistent en saison sèche sous forme de semences dont la germination, survient avec les pluies régulières. Ces dernières conditionnent aussi la

Tableau I-3a : Composition chimique (g/kg MS) de 4 types de pâturages à dominante de graminées pérennes en zone soudanienne du Burkina Faso (Zoungrana Chantal, données non publiées).

		Zones de pâturages			
		1	2	3	4
Début du 1er cycle	Cendres	100,5	116,6	141,6	129,5
Fin du 1er cycle		41,5	47,5	118,7	67,0
Début du 2ème cycle		148,1	106,3	124,4	123,4
Début du 1er cycle	MAT	81,2	84,4	62,2	92,5
Fin du 1er cycle		28,0	28,2	10,2	23,2
Début du 2ème cycle		94,0	54,7	21,2	66,6
Début du 1er cycle	NDF	669,9	687,3	615,4	636,3
Fin du 1er cycle		794,0	906,8	786,5	738,3
Début du 2ème cycle		607,1	667,9	666,6	658,8

Tableau I-3b : Valeurs extrêmes de composition chimique (g/kg MS) de 6 types de pâturages, à l'optimum de végétation et à l'état de paille, en zone sahélienne du Burkina Faso (Guinko et al., 1989)

	Cendres	MAT	CB	MG	Ca	P
Optimum de végétation	119,4 - 65,3	92,5 - 67,8	344,1 - 379,2	15,3 - 10,6	6,9 - 1,8	4,1 - 0,9
Etat de paille	126,9 - 36,4	68,6 - 34,9	354,8 - 402	10,2 - 7,8	6,9 - 2,2	2,0 - 0,3

reprise de végétation des graminées vivaces, même si certaines vivaces ont pu être plus précoces suite au passage des feux de brousses.

A l'exception de l'espèce *Acacia albida* dont le repos végétatif correspond à la saison des pluies, la plupart des espèces végétales atteignent leur maximum de développement au cours de la saison des pluies ou juste après.

II- COMPOSITION CHIMIQUE

1- Valeurs de composition chimique

La composition chimique des aliments conditionne pour une large part leurs ingestibilité et digestibilité, lesquelles sont, d'importants facteurs de la valeur nutritive.

1.1- Teneurs en MAT

Les herbacées ont des teneurs en MAT faibles et la teneur en MAD de leurs pailles est généralement nulle (tableau I-3a et b). Pour les nombreux échantillons d'espèces tropicales recensés par Butterworth (1967), les teneurs ont varié de 248 à 24 g/kg MS et seulement 50% environ des échantillons ont une teneur supérieure à 70 g.

En revanche, il ressort des nombreuses études sur la composition chimique des ligneux, que leur contribution essentielle dans les zones pâturées arides et semi-arides est d'être une source protéique.

Ainsi, une étude comparative entre herbacées et ligneux, menée sur pâturage au Kansas de mi-septembre à fin octobre, fait ressortir l'importance de la consommation des ligneux et l'effet d'appoint protéique qu'ils peuvent constituer. Les teneurs en MAT des herbacées étaient de 47; 39; et 25 g/kg MS aux trois dates d'étude contre respectivement 106; 102 et 74 g/kg MS pour les feuilles de ligneux. Même les feuilles de ligneux tombées au sol avaient une teneur en MAT équivalente ou supérieure au pâturage herbacé en octobre (Forwood et Owensby, 1985).

La teneur en MAT des divers ligneux d'Afrique Occidentale a varié de 60 à 228 g/Kg MS (Le Houerou, 1980 c; Rivière, 1978; Koné et al., 1987; Bayer, 1987; Bodji,

Tableau I-4a : Composition chimique (g/kg MS) de ligneux en zone sahélienne du Burkina Faso (Guinko et al., 1989).

Espèces	Organes	Stades	Cendres	MAT	CB	MG
<i>Acacia albida</i>	Feuilles	Floraison	97,1	115,3	202,0	32,2
<i>Acacia ehrenbergiana</i>	"	"	61,6	112,2	124,2	51,9
<i>Acacia nilotica var. adansonii</i>	"	Fructification	65,5	91,0	116,6	25,2
<i>Acacia nilotica var. nilotica</i>	"	"	73,1	104,4	122,4	31,4
<i>Acacia radiana</i>	"	Floraison	92,8	148,2	168,1	55,0
<i>Acacia senegal</i>	"	"	91,3	119,5	143,9	34,3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	"	"	131,6	132,4	198,0	28,9
<i>Bauhinia rufescens</i>	"	Fructification	116,8	129,5	182,6	17,9
<i>Bauhinia rufescens</i>	Gousses		44,1	94,1	315,4	15,0

Tableau I-4b : Variations de la composition chimique (g/kg MS) des ligneux

Facteurs de variations	Nombre d'espèces	Variations des teneurs (g/kg MS)						Références
		Cendres	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	
1- L'ESPECE								
- Toutes espèces	19	49 - 220	65 - 207	167 - 421				Newman, 1969
- Légumineuses	29	60 - 280	100 - 300		170 - 620			Backlund et Bellskog, 1991
- Espèces d'Acacia	11	27 - 137	120 - 298		228 - 619	167 - 466	9 - 422	Topps, 1992
		80 - 150	15 - 228		249 - 714	178 - 565	47 - 212	Bayer, 1987
		23 - 146	63 - 252		330 - 750	200 - 510	100 - 360	Craig et al., 1991
2- LE GROUPE								
- Légumineuses			40 - 180	100 - 320	170 - 540	150 - 440	50 - 210	Koné, 1987
- Autres espèces			50 - 220	90 - 350	210 - 620	160 - 480	3 - 230	
3- L'ORGANE								
Feuillages	9		69 - 175		360 - 650	250 - 480	73 - 198	Lambert et al., 1989(a)
Feuilles			75 - 244		260 - 640	160 - 460	58 - 163	
Tiges			44 - 130		500 - 720	360 - 540	98 - 235	
4- ZONE ECOLOGIQUE								
Zone semi - aride	20		100 - 381		150 - 630		27 - 223	Rittner et Reed, 1992
" sub - humide	28		44 - 256		240 - 600		39 - 229	
" humide/subhumide	28		100 - 381		165 - 780		21 - 233	
5- LE SITE								
<i>Acacia brevispica</i>								Coppock et Reed, 1992
Site A		76	188		383	257	13,6	
Site B		76	169		434	262	13,6	

Tableau I-4c : Composition chimique (g/kg MS) des fruits de ligneux

Espèces	Teneurs (g/kg MS)							Références
	Cendres	MAT	MG	CB	NDF	ADF	ADL	
- Légumineuses (n=12)				150 - 380	250 - 670	180 - 480	50 - 180	Koné et al., 1989
- <i>Acacia tortilis</i>	76	158	28	237				Dugmore et Toit, 1988
"	92	107			370			Backlund et Bellskog, 1991
<i>Dichrostachys cinerea</i>	70	132			520			
- <i>Acacia tortilis</i>	47	136			324	242	48	Taner et al., 1990
- <i>Acacia albida</i>	27	143			374	279	45	
- <i>Acacia nilotica</i>	49	130			316	225	53	
- <i>Acacia sieberiana</i>	52	127			370	282	58	
- <i>Prosopis tamarugo</i>	57	122	17	320				Latrille et al., 1971
- <i>Acacia tortilis</i> (site 1)	50	140			313	246	58	Coppock et Reed, 1992
- <i>Acacia tortilis</i> (site2)	63	150			416	315	88	

1987); celle d'espèces sahéliennes du Burkina Faso est donnée au tableau I-4a. Les valeurs sont du même ordre que celles des herbacées en saison des pluies, mais très supérieures à celles des pailles de graminées.

Des valeurs tout aussi élevées sont trouvées dans d'autres régions du monde (tableau I-4b). Une teneur de 426.5 g/Kg MS est même obtenue avec *Pongamia gabra* en Inde, où sur 36 arbres concernés aucune valeur n'est inférieure à 90g/Kg MS (Chakraborti et al., 1988).

Chez les ligneux, il est intéressant de souligner que la teneur en MAT des feuilles n'est pas un critère distinctif entre les légumineuses et les autres espèces (Arbelot 1993). C'est ainsi que les *Capparidaceae* par exemple, qui sont une famille intensément exploitée par les animaux, ont des teneurs en MAT supérieures d'environ 25% à celles des légumineuses (Innes et Mabeg, 1964 cités par Wilson, 1969).

1.2- Teneurs en parois cellulaires

Comparés aux herbacées, les ligneux se caractérisent par des teneurs en paroi (NDF, ADF, CB) relativement faibles et très variables d'une espèce à l'autre (tableau I-4a et b). Les teneurs en lignine sont par contre souvent plus élevées. Elles sont supérieures à 100 g/kg MS pour la moitié des échantillons d'Afrique de l'ouest analysés par Koné (1987). Elles peuvent être supérieures à 250 g surtout dans les fruits (tableau I-4c) et atteindre exceptionnellement 360 g comme cela a été le cas pour les feuilles de *A. redolens* (Craig et al., 1991).

1.3- Teneurs en minéraux

Les ligneux de l'Afrique sub-saharienne, décrits par le Houérou (1974 et 1980c) comme ayant une stabilité relative de leurs nutriments, assureraient un apport minéral (Ca, P) et vitaminiq (vitamine A) non négligeable.

Les ligneux en Afrique de l'Ouest sont riches en minéraux totaux (87 g) exempt de silice et les capparidacées en contiennent jusqu'à 14% (le Houérou, 1980c). Des valeurs tout aussi élevées sont trouvées par ailleurs : 101 g pour les feuilles de *Ziziphus*

Tableau I-5 : Composition minérale (g/kg MS) de ligneux d'Afrique

Espèce ou organe	Ca	P	Ca/P	Na	Mg	K	Références
Arbres et arbustes	5 - 46	1 - 6	1 - 46	0,07 - 0,3	1 - 13	6 - 113	Backlund et Bellskog, 1991 (Tanzanie)
Gousses	4 - 6,8	1,6 - 1,7	3 - 4	0,03 - 0,07	1,7 - 2,2	7,4 - 13,8	Diagayété et Schenkel, 1986 (Zone sahéenne)
légumineuses	6 - 40	0,8 - 2,4	2 - 35	0,03 - 0,3	1,7 - 5,4	6,8 - 17,4	
non légumineuses	3,8 - 61,3	0,7 - 3,7	1 - 88	0,01 - 0,3	2,4 - 8,2	7,6 - 27,2	
Arbres	5,9 - 34,2	0,5 - 2,5	1 - 23	0,2 - 0,3		0,2 - 0,3	Bodji, 1987 (Côte d'Ivoire)
Arbustes	9,5 - 13,2	1,0 - 1,2	8 - 13	0,0 - 0,1		6,1 - 9,0	
Feuilles	17	2	9		4,3	12,7	IEMVT, 1988 (Burkina Faso)
Gousses	7,1	1,7	4		2,2	14,3	
Feuilles	11 - 23	1,6 - 3,4	2 - 14				Guinko et al., 1989 (Burkina Faso)
Gousses <i>B. rufescens</i>	4,8	3,2	1,5				

nummularia (Nath et al., 1969); En revanche, McLeod (1973) observe des teneurs de 42 à 102 g, 65% des échantillons ayant des teneurs inférieures à 70 g. Les teneurs sont plus élevées pour les arbustes et arbrisseaux fourragers contrairement aux arbres : 164 à 242 g contre 36 à 78 g respectivement (Wilson, 1977).

Du point de vue composition minérale, certains ligneux ont des teneurs adéquates en phosphore (P). C'est le cas des arbres et arbustes à feuilles caduques dont les teneurs (8 g) au printemps diminuent avec l'âge (2 g). Les espèces à feuilles non caduques sont par contre pauvres en cet élément : 2,2 à 1,1 g (Sampson et Jespersen cités par Wilson, 1969). Selon le Houérou (1980c), les ligneux d'Afrique procurent une nutrition phosphorée adéquate. Cet avis n'est pas partagé par tous. Ainsi pour Bodji (1987), les teneurs moyennes variant de 0,5 à 2,5 g sont faibles et proches de celles des graminées tropicales en début de saison sèche. De même pour Diagayété et Schenkel (1986) la teneur en P des ligneux, de 0,7 à 3,7 g par kg de MS, permet rarement aux bovins de réaliser des performances importantes.

Compte tenu de l'importance du P dans la nutrition des ruminants, la fertilisation phosphorée a été préconisée pour accroître la concentration des ligneux sur des sols de faible disponibilité en Nouvelle Zélande (Lambert et al., 1989 (b)). Son effet positif a été enregistré par Wood et Tanner (1985). En revanche la fertilisation s'est avérée inefficace à des doses de 56 et 112 Kg de P/ha dans les essais de Everitt et Gausman (1986) au Texas. Ces auteurs ne réfutent pas le fait que l'alcalinité du sol ait pu être un facteur d'inhibition en fixant le P au sol, le rendant ainsi indisponible pour la plante.

Plus que les teneurs souvent faibles en P, le rapport Ca/P élevé caractérise les ligneux fourragers (tableau I-5). Il est supérieur à 3 (Everitt et Gausman, 1986) et peut être très élevé chez certaines mimosacées, où il atteint 35 chez *Acacia albida* en zone sahélienne et soudanienne (Diagayété et Schenkel, 1986), et est même supérieur à 48 chez *Acacia mutabilis* en Australie (Craig et al., 1991). Selon ces auteurs, ce rapport augmente avec l'âge des feuilles.

Ce rapport élevé réduit ainsi l'absorption du P par les animaux. De ce fait, les faibles teneurs de P des ligneux, avec un rapport Ca/P élevé, entraînant une balance négative en cet élément, peut être en partie la cause de la réduction de l'ingestion de ces fourrages. Si elle ne semble pas la seule impliquée, elle serait en tout cas une cause aggravante (Nath et al., 1969).

Comme chez les herbacées tropicales, les teneurs en sodium (Na) des ligneux sont faibles et généralement inférieures à 0,5 g/kg MS chez la plupart des espèces (tableau I-5).

Le gradient de concentration trouvé pour les protéines le long des branches, existe aussi pour les cendres, le potassium, le calcium et le magnésium qui augmentent ainsi de la base au sommet. Enfin, pour beaucoup d'éléments minéraux tels que P, S, Ca, Mg, les feuilles sont plus riches que les tiges (Lambert et al., 1989 a).

2- Facteurs de variation de la composition chimique

2.1- L'espèce

Les valeurs rapportées par différents auteurs (tableau I-4b) montrent qu'il existe des variations importantes, en fonction de l'espèce végétale, de la composition chimique des ligneux, quel que soit le constituant chimique considéré. Les variations les plus spectaculaires concernent les MAT pour lesquelles des différences importantes peuvent exister au sein de la même famille. C'est le cas par exemple les phyllodes d'*Acacia mutabilis* et d'*Acacia eremaea* dont les teneurs au printemps sont respectivement de 63 et 252g/Kg MS (Craig et al., 1991).

2.2- L'organe

La composition chimique du fourrage varie en fonction des parties de la plante (tableau I-4b). Chez les herbacées, la teneur en MAT et en certains minéraux est plus élevée dans les feuilles que les tiges, de sorte que les teneurs de la plante entière varient comme la proportion de feuilles ou de limbes.

Cette différence entre organe se retrouve chez certaines espèces de ligneux (Lambert et al., 1989 a), chez lesquelles les teneurs en MAT des feuilles sont doubles de celles des tiges; à l'inverse, les teneurs en parois : NDF, ADF et quelquefois lignine sont plus faibles.

2.3- La saison et le site

Certains auteurs ont mis en évidence un effet de la saison sur la composition chimique des ligneux. La teneur en MS des phyllodes d'*Acacia cyanophylla* (31 à 38 p.100) varie peu avec la saison contrairement à celle d'*Atriplex nummularia* (18 à 28.5 p.100) (Saadani et al., 1989). Les échantillons des mêmes individus, collectés à différentes saisons, varieraient plus particulièrement pour les MAT et moins pour les parois qui varient en sens inverse. Ces variations liées à la saison peuvent être importantes et similaires à celles des herbacées. Les teneurs en CB et MAT sont passées respectivement de 177 et 295 g/Kg MS à 300 et 47 g/Kg MS pour l'espèce *Rhanterium epapposum*, de la reprise de la végétation en décembre à la fin du cycle en novembre (Thalen, 1987); de même la teneur en MAT d'*Acacia rhagodioides* de 254 g /Kg MS en hiver à seulement 94g en automne (Colomer et Passera, 1990).

L'effet saison est retrouvé pour les cendres, les MAT et le P par Lambert et al. (1989 a) et pour les MAT par Borens et Poppi (1990); Barnes et al. (1991); Forwood et Owensby (1985). En revanche, pour les MAT, le phénomène saison n'existe que chez une seule espèce sur les 7 étudiées par Ahn et al. (1989). Pour le NDF, une faible différence est enregistrée entre les échantillons des mêmes parties de la plante, collectés à différentes dates dans l'année (Reed, 1986). Cependant, une variation beaucoup plus nette du NDF est observée par Howe et al. (1988) en même temps que celle des MAT et de la plupart des minéraux, sans que cependant les éléments composant le NDF varient.

Au vu de ces résultats, le facteur temps (saison), qui est un facteur de variation important de la composition chimique des herbacées, ne peut être énoncé comme facteur de variation systématique de celle des ligneux fourragers.

La réponse de ces derniers à la saison par la variation de tel ou tel élément chimique est fonction de l'espèce.

2.4- La situation géographique

Un autre facteur soupçonné de variation de la composition chimique est la situation géographique c.a.d. le site d'étude (Bodji, 1987), quoique Majundar et al., 1967 (cités par Mc Leod, 1973) n'aient pas retrouvé un tel effet sur la composition chimique des espèces qu'ils ont étudiées en Inde. De même, le coefficient de variation enregistré pour la composition chimique et la digestibilité de 2 espèces (*Cercocarpus montanus* et *Amelanchier alnifolia*) étudiées sur 8 sites au Colorado n'a, en aucun cas, excédé 10% (Kufeld et al., 1985).

La grande variabilité des résultats obtenus permet donc difficilement de dégager des conclusions générales sur la composition chimique des ligneux.

On peut toutefois retenir, qu'en général, ils renferment plus de MAT que les herbacées et qu'à l'instar de ces dernières leur composition varie souvent avec la maturité des plantes.

III- PREFERENCES ALIMENTAIRES ET INGESTION DES FOURRAGES

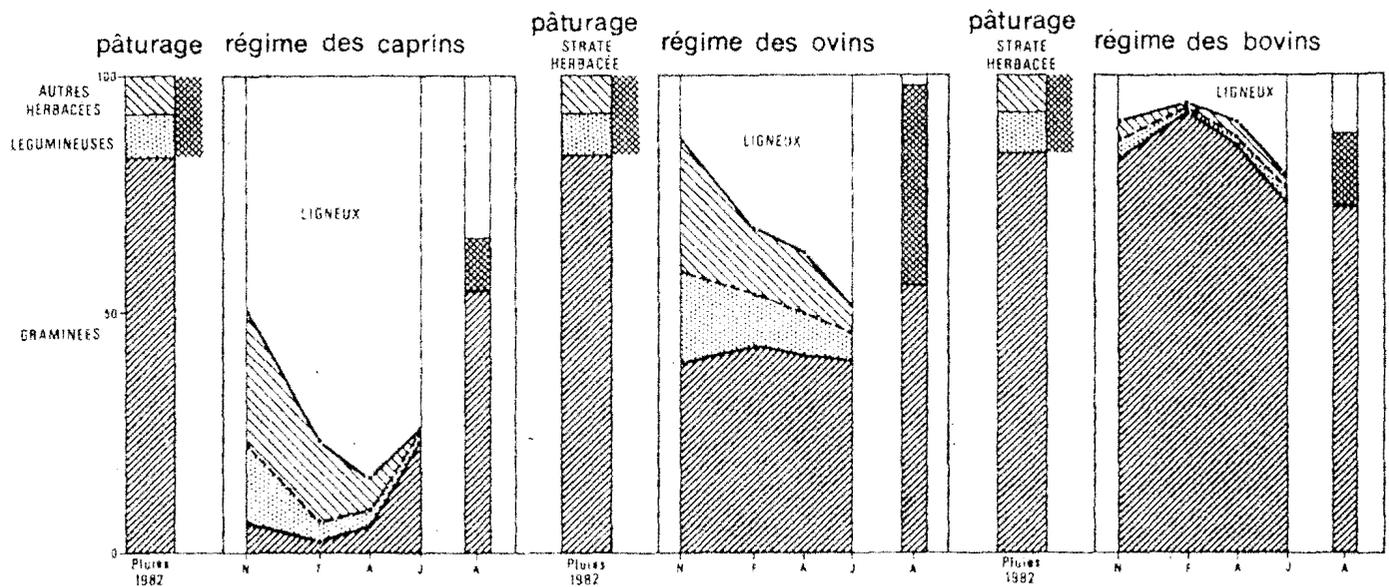
1- Préférences alimentaires

Il existe beaucoup de références sur l'appétibilité relative et l'ingestibilité des nombreuses espèces d'herbacées (Oyenuga et Olubojo, 1975; Falkowski et al., 1984; Minson et Bray, 1985) et de ligneux (Le Houerou, 1980 a; Walker, 1980; Cooper et Owen-Smith, 1985; Rios et al., 1989; Owen-Smith et Cooper, 1987).

L'animal, lorsqu'il a le choix entre plusieurs espèces, ne se limite pas à une seule, mais en consomme un mélange (Wilson, 1969) bien qu'il ait des préférences pour certaines espèces.

D'une façon générale, les caprins sont reconnus plus grands consommateurs de ligneux que les ovins, qui le sont, à leur tour, plus que les bovins (Wilson, 1977; Lusigi, 1984;

Figure I-3 : Composition botanique du pâturage et du régime alimentaire des caprins, des ovins et des bovins à Vindou Tiengoli (Sénégal) (Guerin et al., 1988).



Leclerc, 1985; Rutagwenda et al., 1990). C'est ainsi que sur des parcours au Sénégal (figure I-3), les bovins consomment plus de pailles de graminées naturelles pauvres en azote; les ovins consomment plus les feuilles de dicotylédones tombées au sol, tandis que les caprins eux sont plus intéressés par les ligneux qui constituent de 50 à 75 p.100 de leur régime (Guerin et al., 1988). Cette différence explique que les caprins ont été moins affectés par les sécheresses catastrophiques connues ces dernières années dans le Sahel.

1.1- Variation de l'appétibilité des espèces

L'appétibilité des espèces varie dans le temps et dans l'espace : certains fourrages sont acceptés toute l'année, alors que d'autres le sont pendant une période restreinte, généralement saison sèche ou fin de cette période. C'est ainsi que Wilson (1977) note, au niveau des pâturages d'Australie, que les feuilles des ligneux sont généralement de faible palatabilité et sont peu consommées quand le fourrage herbacé est abondant, alors qu'elles peuvent constituer une part importante de la ration quand les herbacées deviennent rares. Des espèces, décrites comme inappétées dans certaines régions à cause de leur morphologie ou de leur goût, sont consommées dans d'autres situations par manque d'alternative. Il semblerait même qu'avec l'avancée de la saison, les bovins consomment des espèces ligneuses normalement peu appréciées (Blanco et al., 1977; Piot et al., 1980).

De même, dans des conditions spécifiques telles que milieu pauvre en espèces herbacées et forte charge, les brebis taries sont capables d'orienter leur choix alimentaire vers des espèces ligneuses et avoir un comportement de prélèvement comparable à celui des caprins pâturant des milieux boisés (Lecrivain et al., 1990).

1.2- Sélection des aliments

La sélection de l'aliment est donc fonction des préférences alimentaires et de l'opportunité de sélection. Cette dernière change selon les saisons, en fonction du stade phénologique, avec la variation de la disponibilité alimentaire (Wilson, 1969). Il est

difficile de savoir lequel des deux facteurs, préférences alimentaires ou opportunité de sélection, à une influence prédominante dans le choix de l'animal.

La sélection concerne aussi les parties des plantes : les feuilles et jeunes tissus sont plus consommés que les tiges quel que soit le type de fourrage : herbacées ou ligneux (Laredo et Minson 1975; Evans et Hacker, 1992; Arnold, 1981; Lambert et al., 1989). C'est ainsi, par exemple, que Thalen (1979) trouve dans le désert d'Irak que la cueillette sélective de ligneux par l'animal lui donne un aliment qui contient 2 à 3 fois plus de MAT, environ moitié moins de cellulose brute, et approximativement 2 fois plus de minéraux que la branche entière. Il en résulte une augmentation significative de la digestibilité qui, avec des ligneux, a été en moyenne de 7 à 8 points pour la dMS mesurée à 3 heures par la méthode des sachets de nylon (Lambert et al., 1989 c). Cette sélectivité est observée plus spécialement avec les caprins qu'avec les ovins ou les bovins (Guerin et al., 1986).

On se rend compte que l'étude des préférences alimentaires, surtout lorsqu'elle est effectuée sur les parcours naturels, est très complexe, puisque la méthodologie utilisée doit tenir compte à la fois de la disponibilité relative des espèces sur le parcours, de l'accessibilité des parties comestibles et de l'accoutumance animale qui devra être distinguée de l'appétibilité (Meuret et Guerin, 1991).

La classification des espèces selon leur appétibilité pour les divers ruminants, qui existe dans la littérature, reste alors difficile, peu fiable et non généralisable.

2- Ingestibilité

De nombreux travaux font état des facteurs pouvant influencer sur la palatabilité et l'ingestion des fourrages. Les facteurs les plus étudiés sont entre autres : l'espèce, la composition chimique, la valeur nutritive, les composés secondaires (volet abordé plus loin). Il s'y ajoute d'autres facteurs tels que l'itinéraire suivi pour des animaux au pâturage, l'aspect physique (présence d'épines) etc.

Tableau I-6a : Ingestibilité (QI g/kg P0,75) d'herbacées tropicales distribuées comme seul aliment.

Facteurs de variation	Espèces	QI (g/kg P0,75)	Références
1- L'espèce			
végétale	7 graminées	50,2 - 78,2	Grieve et Osbourn, 1965
	4 graminées	29 - 99	Richard, 1987
animale			
ovins	<i>P. purpureum</i>	55,9 - 87,6	Devendra, 1975
caprins	"	61,2 - 88,5	
2- La variété	6 variétés de <i>Panicum</i>	35,7 - 80,8	Minson, 1971
	5 variétés de <i>Cenchrus ciliaris</i>	48,5 - 57,6	Minson et Bray, 1986
3- Le stade d'exploitation	<i>Brachiaria decumbens</i>	49,2 - 98,1	Grieve et Osbourn, 1965
	<i>Cynodon dactylon</i>	69,5 - 77,0	
	<i>Digitaria decumbens</i> (foin)	39,7 - 68,5	Ventura et al., 1975
4- La saison			
saison pluie	<i>B. mutica; P. maximum; P. purpureum</i>	37 - 67	Richard et al., 1986
saison sèche		42 - 85	
5- Le groupe :			
Légumineuses	13 légumineuses	17,3 - 76,0	Minson, 1988

NB : 2, 3, 4 et 5, données recueillies sur des ovins.

Tableau I-6b : Ingestibilité (QI g MS/kg P_{0,75}) de ligneux distribués comme seul aliment à des ovins et des caprins.

Espèce animale	Espèce végétale	Organe	QI (g/kg P _{0,75})	Références	
OVINS	<i>Acacia tortilis</i>	F	40	Dugmore et Toit, 1988	
		G	52		
	<i>Prosopis tamarugo</i>	G	104	Latrille et al., 1971	
		G	82		
		60%F+40%G	73 (24+49)		
	<i>Ziziphus nummularia</i>	F	48	Nath et al., 1969	
	<i>Leucaena leucocephala</i>	B	70	Rodriguez et Borges, 1989	
	<i>Atriplex vesicaria</i>	F	41	Wilson, 1977	
	<i>Atriplex nummularia</i>	F	26		
	<i>Maireana pyramidata</i>	F	24		
	<i>Bassia diacantha</i>	F	66		
	<i>Acacia pendula</i>	F	57		
	<i>Casuarina cristata</i>	F	51		
CAPRINS		<i>Acacia pendula</i>	F	57	
		<i>Casuarina cristata</i>	F	48	
		<i>Geijera parviflora</i>	F	33	
		<i>Quercus calliprinos</i>	F	63	Petevolotsky et al., 1993
		<i>Quercus havardii (a)</i>	F	37	Villena et Pfister, 1990
				43	
		<i>Quercus ilex</i>	F	90	Meuret, 1988
		<i>Quercus coccifera (b)</i>		79	Natis, 1982 cité par
				51	Perevolotsky et al., 1993
				59	
			58		
	<i>Ulex europaeus</i>	F	61	Howe et al., 1988	
	<i>Dichrostachys cinerea</i>			Sharma et al., 1990	

(a) = valeurs pour 2 races de caprins; (b) = valeurs de 4 saisons distinctes

Organes F = feuilles; G = fruits; B = branches

2.1- Facteurs de variation de l'ingestion

Les quantités de fourrages ingérées par les animaux varient considérablement en fonction de l'espèce végétale.

Des données du tableau I-6a et b, et de la bibliographie, il apparaît que :

- les quantités ingérées par les ovins sont généralement plus élevées avec les herbacées qu'avec les ligneux, particulièrement quand ces derniers contiennent des facteurs d'inappétence et des composés secondaires.

Lorsqu'ils sont distribués comme seul aliment à des ovins, les quantités de nutriments apportées par les ligneux permettent rarement la couverture des besoins d'entretien. Les quantités ingérées trop faibles expliquent qu'il soit nécessaire de les associer à d'autres types d'aliments dans la plupart des essais de détermination de leur valeur nutritive.

Le problème de quantités adéquates ingérées est moins crucial lorsqu'il s'agit des caprins, compte tenu de leur aptitude plus grande à consommer ce type de fourrage. Il n'en demeure pas moins que des espèces soient quasiment refusées, et certaines plus acceptées que d'autres. Ainsi, offertes dans les mêmes conditions comme seul aliment, les feuilles d'*Acacia nilotica* sont ingérées en quantité double que celles de *Pithecellobium dulce* : 83.10 contre 39.0 g MS/Kg P0.75 (Chaudhary et Taparia, 1990).

- Les fruits des ligneux sont consommés en plus grande quantité que leurs feuilles. Les quantités ingérées en g/Kg P0.75 vont de 24g avec les feuilles de *Moringa pyramidata* (Wilson, 1977) à 70g avec les branches de *Leucaena leucocephala* (Rodriguez et Borges, 1989) et jusqu'à 104 g/Kg P0.75 avec des fruits de *Prosopis tamarugo* (Latrille et al., 1971).

- Dans le cas des herbacées, les diminutions d'ingestion volontaire avec l'âge du fourrage sont plus marquées que celles observées entre espèces ou variétés d'une même

Figure I-4 : Comparaison des quantités de MS d'*Andropogon gayanus* ingérées en fonction du taux de refus toléré : 25 p.100 (M) et 50 p.100 (M+50) (Hagggar et Ahmed)

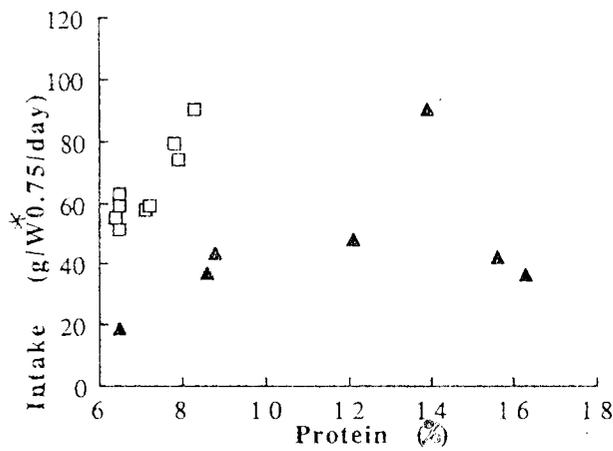
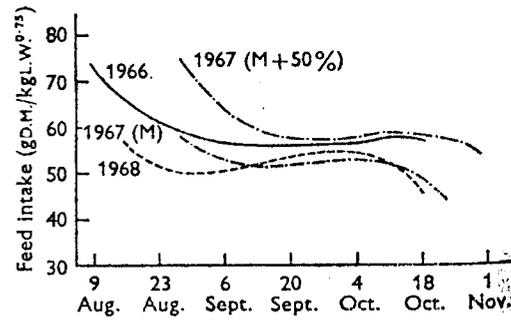


Figure I-5a : Relationship between intake and protein content of different oak species. □, intake-Mediter; ▲, intake-USA. (Perevolotsky et al., 1993).

espèce. Les quantités ingérées sont effectivement liées à la proportion de feuilles du fourrage (Zemmelink et al., 1972; Minson, 1977; Richard, 1987). L'ingestibilité plus élevée des feuilles résulte de leur temps de rétention plus court dans le rumen, causé par les différences de structures physiques et d'anatomie d'avec les tiges (Laredo et Minson 1975), plus qu'à une différence de digestibilité entre ces deux organes (Poppi et al., 1980).

Ceci explique que dans le cas des graminées tropicales souvent pauvres la quantité d'aliment à la disposition des animaux, déterminant le degré de tri, soit un facteur important de variation de l'ingéré (figure I-4).

- L'ingestibilité des graminées tropicales varie aussi avec la saison et des facteurs tels que des températures élevées exerceraient une action dépressive sur la capacité d'ingestion des fourrages (Michalet-Doreau et Xandé, 1979).

- L'ingestibilité des foins de graminées est généralement plus faible que celle des fourrages verts à cause des modifications de composition chimique entraînées par la fenaison: diminution des constituants solubles et augmentation corrélative des constituants pariétaux, se traduisant par une baisse de leur digestibilité (Demarquilly et al., 1981).

- Par ailleurs, l'ingestion volontaire est plus élevée avec les légumineuses que les graminées. Cependant, le goût amer retrouvé chez certaines légumineuses tropicales peut conduire à leur ingestion très limitée. Si non, il est établi, qu'à même digestibilité, les légumineuses, qui ont une teneur en parois cellulaires plus faibles, sont ingérées en plus grande quantité que les herbacées (Demarquilly et Jarrige, 1974) par suite d'une vitesse de digestion plus rapide dans le rumen.

2.2- Prédiction de l'ingestibilité

2.2.1- A partir de la composition chimique

Les teneurs en NDF (Johnson et al., 1968; Ventura et al., 1975; Kawamura et al., 1985) mais aussi en MAT des graminées tropicales (Haggar et Ahmed, 1970; Zemmelink

Figure I-5b : Relation entre la quantité de MS ingérée (g/kg P0,75) et la teneur (% MS) en MAT des herbacées (Milford et Minson, 1965a).

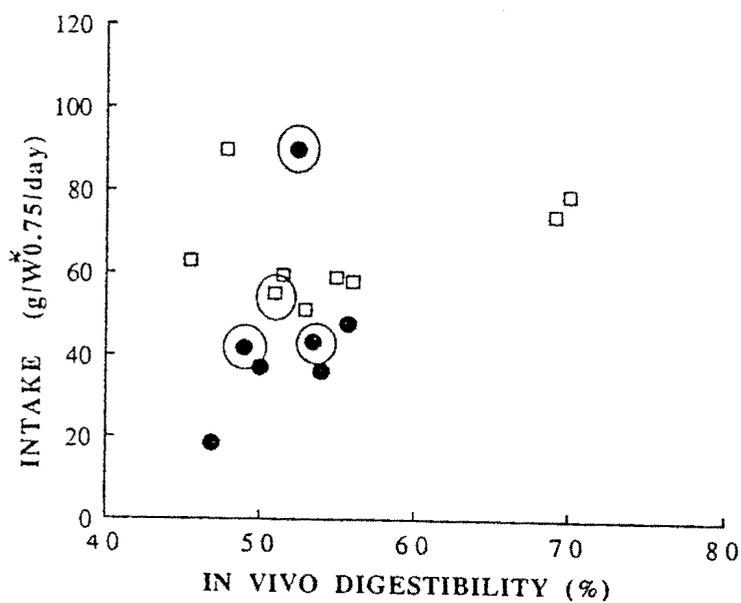
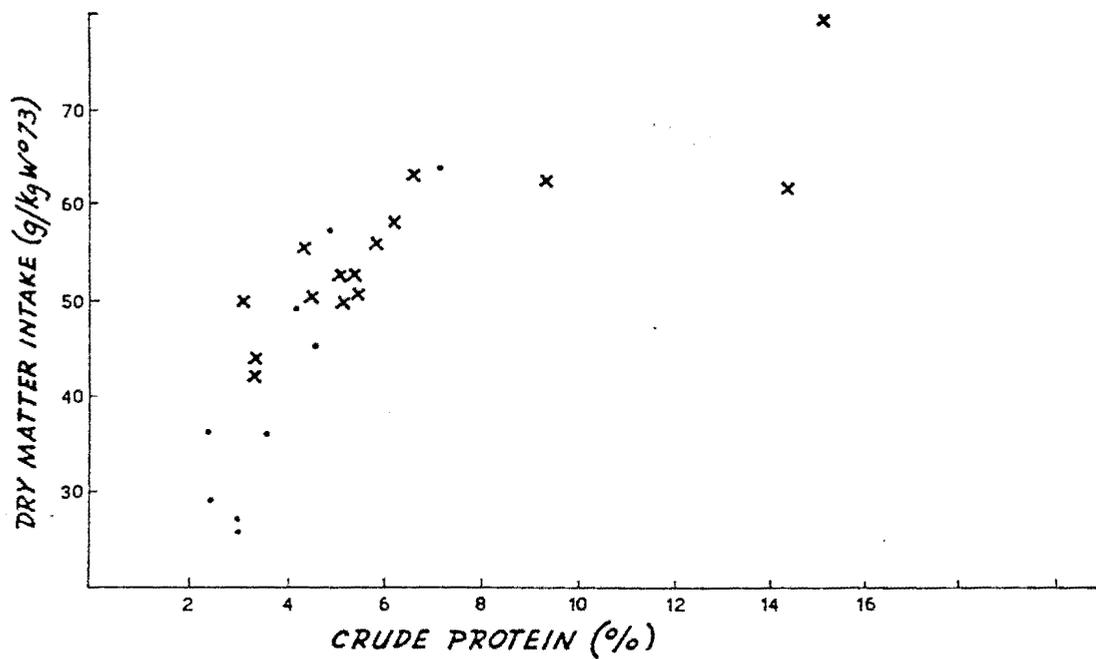


Figure I-5c : Relationship between intake and in vivo digestibility of different oak species. □, intake-Mediterr.; ●, intake-USA; ○, oak + supplementation. (Perevolotsky et al., 1993).

et al., 1972) ont été significativement reliées aux ingestibilités. L'influence des teneurs en MAT est surtout nette pour des teneurs inférieures à 7 p.100 (Milford et Minson, 1965a) car elles sont alors insuffisantes pour assurer un développement normal des microorganismes du rumen (figure I-5b).

Dans le cas des ligneux, la teneur en parois est l'élément le plus déterminant dans l'acceptabilité des espèces Carew et al. (1980). La consommation plus élevée de Ficus que celle d'autres ligneux en Côte D'Ivoire par les ovins et caprins a été attribuée à leur plus faible teneur en cellulose brute (Bodji, 1987); généralement, les ligneux sont peu acceptés quand ils contiennent plus de 35% de NDF (Cooper et Owen-Smith, 1985). Les autres éléments chimiques tels que les MAT n'ont pu être directement impliqués dans l'ingestibilité des ligneux (figure I-5a). Une des raisons est vraisemblablement les teneurs en MAT élevées que ces fourrages renferment.

2.2.2- A partir de la digestibilité

Depuis Blaxter et al. (1961), de nombreux auteurs ont mis en évidence des corrélations positives entre l'ingestibilité des herbacées et leur digestibilité. Cette relation établie chez les graminées tropicales (Milford et Minson, 1968; Playne et Haydock, 1969; Ventura et al., 1975; Hagggar et Ahmed, 1970; Evans et Potter, 1984) est plus ou moins significative, car l'ingestibilité de ces fourrages peut varier considérablement entre espèces de dMS équivalente (Minson, 1972).

En fait, les critères de dégradabilité à court terme sont les mieux indiqués pour prédire l'ingestibilité (Demarquilly et Chenost, 1969), et l'ingestibilité plus faible des graminées tropicales par rapport aux graminées tempérées résulte du fait que les premières sont moins digestibles, plus riches en parois, elles même plus lentement dégradées (Demarquilly, 1989).

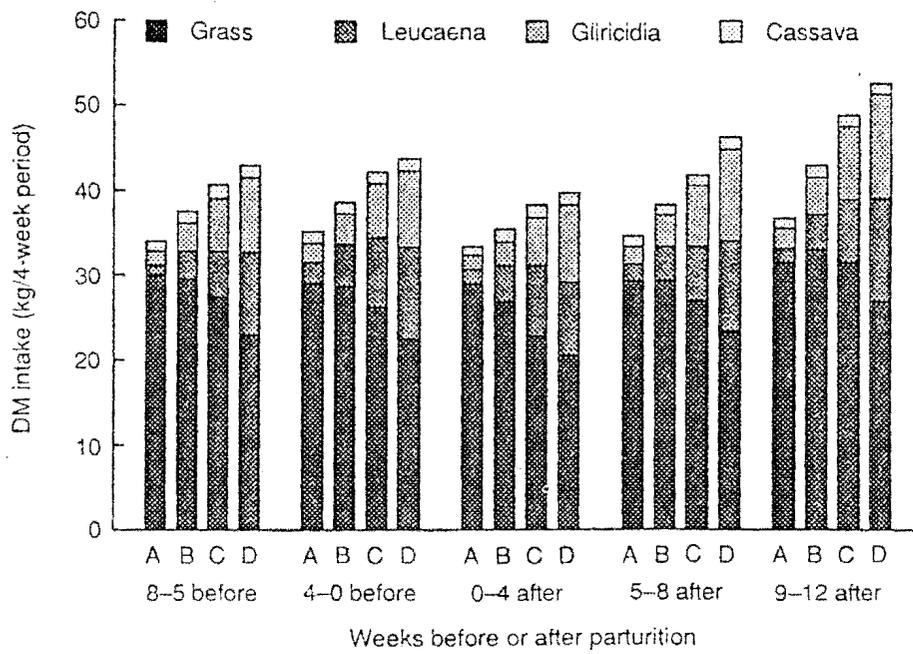


Figure I-6 : Dry matter (DM) intake of adult sheep offered different levels of supplementary browse (g/day): A, 550; B, 1 100; C, 2 200; D, 3 300 (source: Reynolds and Adediran 1988).
 (tirée de Atta-Krah, 1990).

Avec les ligneux, aucune correspondance n'est rapportée entre le niveau d'ingestion des différentes variétés de ligneux et leur digestibilité par Wilson (1977). Cette inexistence de relation véritable est confirmée par Perevolotsky et al. (1993) avec des variétés de chêne (figure I-5c). Avec les ligneux, il faut rappeler que des espèces de bonnes valeurs nutritives sont parfois peu palatables ou pas du tout ingérées et qu'à l'inverse, des ligneux peu digestibles peuvent être consommés en grande quantité (Harrington et Wilson, 1980).

2.3- Influence des ligneux sur l'ingestion de la ration

L'adjonction d'une faible quantité de ligneux à une ration d'herbe se traduit par une augmentation de l'ingestion totale (Arthum et al., 1992) reliée à deux phénomènes:

- La teneur plus élevée en MAT du ligneux favorise les conditions de fermentation ruminale, conduisant à une digestion plus rapide et, par là, à une diminution du temps de séjour du fourrage dans le rumen.
- La teneur élevée en constituants cellulaires des ligneux dont la digestion est très rapide et le pouvoir d'encombrement du rumen faible. Cela explique la corrélation forte et négative qui relie la teneur en paroi à l'ingestion des aliments (Van Soest, 1982).

En revanche lorsque les ligneux sont offerts en quantité importante comme complément alimentaire, ils n'améliorent pas ou diminuent même l'ingestion du régime de base (généralement pauvre) auquel ils sont associés, mais la quantité totale ingérée augmente. Ces conclusions découlent des nombreuses études passées en revue par Smith et Van Houtert (1987) sur *Gliricidia sepium*. La figure I-6 illustre bien ce fait : Avec l'accroissement du niveau de complément ligneux distribué, l'ingestion totale de MS augmente mais celle du foin de base de *Panicum* diminue (Atta-Krah, 1989). Cette augmentation de MS consommée (suite à une digestion plus rapide du ligneux), conduit ainsi à une ingestion plus forte de matière sèche digestible.

IV- VALEURS ENERGETIQUE ET AZOTEE DES FOURRAGES

1- Valeur énergétique

1.1- Digestibilités de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO).

De larges plages de variation des dMS et dMO sont rapportées pour les feuilles, les tiges ou les fruits des différents types de fourrages. Ainsi, Minson et Mc Leod (1970) rapportent, à partir de 543 échantillons de graminées tropicales, des variations de dMS de 0.30 à 0.75.

Ces digestibilités ne semblent guère plus élevées avec les légumineuses tropicales pour lesquelles Minson (1988) indique des dMS variant de 0.36 à 0.69 (moyenne 0.54).

Les ligneux fourragers ont eux aussi généralement des dMS et dMO faibles, souvent équivalentes ou inférieures à celles des herbacées.

Latrille et al., (1971) trouvent des dMS allant de 0.29 à 0.69. Forwood et Owensby (1985) indiquent des variations allant de 0.43 à 0.73 avec cependant 60% des échantillons qui ont une dMS d'environ 0.50.

Une dMS de 0.50 n'est pas souvent atteinte pour beaucoup de ligneux. En effet, 68% des 21 échantillons étudiés par Mc Leod (1973) ont une dMS inférieure à cette valeur; il en est de même pour 4 des 8 espèces étudiées par Wilson (1977).

Par ailleurs, dans une revue bibliographique sur les ligneux de la famille des légumineuses, aucune espèce n'a fourni un aliment de dMS supérieure à 0.72 (Topps, 1992). De même, les valeurs trouvées au Sri Lanka sur 18 espèces légumineuses avoisinent 0.55 (Ibrahim et al., 1988).

Des digestibilités tout aussi faibles et des variations tout aussi importantes sont rapportées pour des échantillons de ligneux récoltés en Afrique pour lesquels les digestibilités suivantes sont indiquées : dMS de 0.49 à 0.54 au Mali (le Houérou, 1980c); dMS in vivo de -0.25 à 0.64 et dMO de -0.05 à 0.68 pour des ligneux d'Afrique de l'Ouest (Koné, 1987); dMS in vitro de 0.26 à 0.88 et dMO de 0.15 à 0.84 au Sénégal (Fall, 1991); solubilité de la MS de 0.28 à 0.65 au Nigéria (Bayer, 1987).

Les feuilles d'herbacées ont une digestibilité supérieure aux tiges (Hagggar et Ahmed, 1971; Chenost, 1975; Deinum et Dirven, 1975; Wilson, 1976; Akin et al., 1977), de sorte que, celle de la plante entière est étroitement liée à sa proportion de feuilles.

Chez les ligneux, Borens et Poppi (1990) ont mis en évidence une digestibilité des feuilles supérieure à celle des tiges. Par contre, la dMS et la dMO des feuilles est inférieure à celle des fruits en dépit des teneurs en MAT plus élevées dans les feuilles (Latrille et al., 1971; Ivory, 1990).

1.2- Prévision de la valeur énergétique

De nombreux travaux ont été consacrés à la prédiction de la dMO des herbacées à partir des éléments de la composition chimique. Il a été clairement établi dans une revue bibliographique sur le sujet (Demarquilly et Jarrige, 1981), que du fait des teneurs en constituants cytoplasmiques apparemment non digestibles peu variables (12 à 14 %) des herbacées, la teneur en MO apparemment indigestible dépend donc étroitement de l'indigestible pariétal; et que prévoir la dMO revient à prévoir cet indigestible pariétal des fourrages.

L'intérêt du choix des différentes fractions des parois (selon Van-Soest ou la CB selon Weende) pour prédire cet indigestible, donc la dMO, est largement discuté par ces auteurs, selon lesquels, la lignine, lorsqu'elle est correctement dosée, permet la meilleure prédiction. Le degré de lignification des parois semble, en effet, le facteur le plus significatif contrôlant la digestibilité des hémicelluloses et de la cellulose des graminées tempérées (Jarrige et Minson, 1964) et tropicales (Minson, 1971).

Ainsi, la digestibilité des parois des graminées tropicales a été reliée aux teneurs en NDF, ADF, CB et/ou lignine et à la dMO de ces fourrages (Johnson et al., 1973; Moir, 1973 et 1982; Olubajo et al., 1974; Tagari et Ben-Ghedalia, 1977; Dugmore et Toit, 1986; Richard, 1987).

Par ailleurs, chez les graminées tropicales, une liaison positive a pu être trouvée entre les teneurs en MAT et la dMO (Butterworth et Diaz, 1970; Chenost, 1975), même si cette

relation est moins significative que celle établie à partir des différents critères caractérisant les parois cellulaires.

Chez les ligneux la dMS et la dMO in vitro et in sacco sont aussi fortement corrélées négativement au contenu en paroi (Backlund et Bellskog, 1991), au degré de lignification (ADL/NDF; ADL/ADF) et de silicication. Le couplage de ces divers constituants permet d'expliquer au moins 72% de la variance de la dMS (Lambert et al., 1989(a)).

De même, la faible solubilité de la MS et les faibles digestibilités des parois ont été attribuées au contenu en lignine élevé des ligneux (Bayer, 1987; Sankary et Ranjhan, 1989; Koné, 1987; Rittner et Reed, 1992). En revanche, la lignine ne serait pas impliquée dans la différence de digestibilité des parois entre arbres (plus faible) et arbustes (Wilson, 1977).

En revanche, les variations de la dMS in vitro sont peu expliquées par la teneur en MAT du ligneux ($r^2 = 0.1$) (Sidahmed et al., 1984 cités par Miranda, 1989). De même la dMS in vitro de *Chamaecystis palmensis* est relativement constante (0.73) malgré une réduction significative dans le temps des MAT (260 à 170 g/Kg MS) (Borens et Poppi, 1990).

2- Valeur azotée

2.1- Digestibilité des matières azotées (dMA)

Lorsque les différents auteurs soulignent le peu de connaissances disponibles sur la contribution réelle des ligneux à la nutrition animale, il s'agit avant tout de la digestibilité des grandes quantités de matières azotées que ces fourrages renferment.

Des variations considérables de digestibilité des matières azotées (dMA) existent en fonction de l'espèce et ce, indépendamment des teneurs en MAT.

Ainsi, pour des espèces méditerranéennes et asiatiques, la digestibilité de la fraction azotée des arbres a variée de 0.30 à 0.80 (Sankary et Ranjhan, 1989). Pour certaines espèces en Inde, la digestibilité in vitro a variée de 0.09 à 0.23 (Ivory, 1989). La dMA in

Tableau I-7 : Relations entre les teneurs (g/kg MS) en MAD et MAT des herbacées tropicales en vert (FV) ou sous forme de foin (F).

	Equations	ETR	r	n	Références
FV	MAD = 0,916 MAT - 29,0	5,0	0,989	183	Chenost, 1975
FV	= 0,957 MAT - 37,5	8,5	0,979	104	Milford et Minson, 1965b
F	= 0,850 MAT - 27,2	7,8	0,980	114	
FV	= 0,787 MAT - 30,6		0,88		Haggar et Ahmed, 1970
FV	= 0,910 MAT - 27,2	5,6	0,982	92	Richard, 1987
FV	= 0,864 MAT - 34,9		0,991	12	Dugmore et Toit, 1988

Tableau I-8 : Variation de la digestibilité (p.100) et teneurs en MAND (g/kg MS) des ligneux

Espèce animale	dMO	dMA	MAND	dNDF	dADF	dCB	Références
Ovins	29 - 69	14 - 82	36 - 108	1 - 70	-7 - 50		Wilson, 1977
Caprins	35 - 60	32 - 69	52 - 84	7 - 38	4 - 21		
Chèvres	49	53	39			24	Meuret, 1988
	52 - 55	36 - 45	77 - 91			33 - 39	Nath et al., 1969
	41 - 54			29 - 52	-61 - 15		Woodward et Reed, 1989
Ovins	16 - 59	61 - 84	25 - 37				Newman, 1969

vivo d'espèce d'Afrique de l'Ouest se situe dans une fourchette allant de -0.20 à 0.70 (Koné, 1987).

Signalons que la digestibilité apparente des MA des ligneux est généralement plus élevée avec les caprins que les ovins. Elle a varié pour des arbres fourragers respectivement de 0.32 à 0.69 et de 0.14 à 0.63 (Wilson, 1977).

Certaines espèces de ligneux telles que *Gliricidia sepium* contiennent une proportion importante d'azote dégradable dans le rumen (0.77 à 0.87)(Pezzo et al., 1990). D'autres, telles que *Leucaena leucocephala* ont une dégradabilité in sacco 48h de seulement 0.20 (Rodriguez et Borges, 1989). Ali et Stobbs (1990) rapportent pour la même espèce une dégradabilité de 0.63 après 72h d'incubation.

2.2- Prévision de la valeur azotée

Les teneurs en matières azotées digestibles (MAD) des fourrages herbacées dépendent de celles en MAT dans l'aliment ingéré. La liaison entre ces deux composants est très étroite (tableau I-7), et les teneurs en matières azotées non digestibles (MAND) sont estimées être en moyenne de l'ordre de 40g/kg MS (Demarquilly et al., 1978).

Les herbacées ont une digestibilité réelle (dr), donnée par la pente de l'équation de régression entre MAD et MAT, de leurs matières azotées très élevée, de l'ordre de 0.93, mais légèrement réduite avec les foin (tableau I-7).

Les teneurs en MAND des ligneux sont par contre variables et plus élevées, souvent supérieures à 50g, et sont par exemple de 108g avec *Heterodendrum oleifolium* (Tableau I-8). Il y a manifestement avec ces fourrages une détérioration de l'utilisation des matières azotées, qui est illustrée à la figure I-7 : les rations 1, 2 et 3 de ligneux s'écartent de la droite de régression liant les teneurs en azote apparemment digestible aux teneurs en azote et obtenue avec des aliments non tannifères.

La digestibilité réelle des ligneux, est alors plus faible; elle a varié de 0.52 à 0.94 selon Reed et al. (1990), et de 0.70 à 0.90 selon Wilson (1977).

L'utilisation plus réduite des matières azotées des ligneux - résulte souvent de la présence de composés secondaires (phénols solubles, proanthocyanidines)

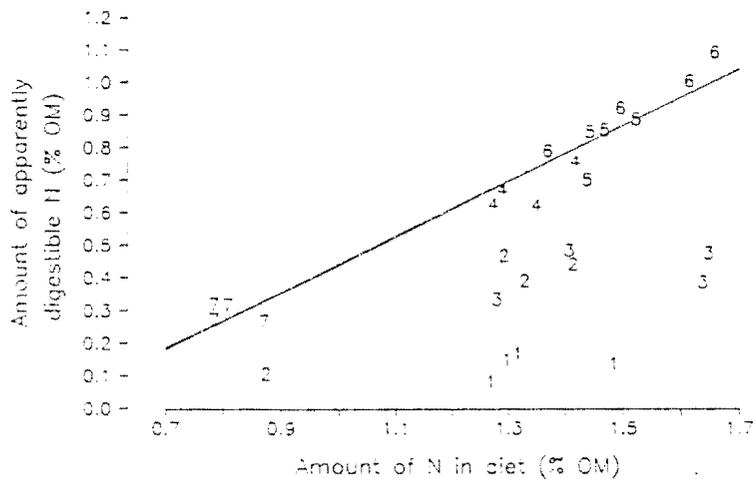


Figure I-7 : Test for nutritional uniformity of N in diets for sheep fed teff straw in combination with *A. cyanophylla* (1), *A. sieberiana* (2), *A. seyal* (3), *S. sesban* (4), vetch hay (5), noug cake (6) and urea (7). The slope of the regression for Diets 4, 5, 6 and 7 was 0.86 (SE 0.05) and the intercept was -0.42 (SE 0.06) ($r^2=0.947$). The slope and intercept are similar to conventional feeds with nutritionally uniform N fractions (van Soest, 1982). N in diets containing acacias (1, 2 and 3) was not nutritionally uniform. (Reed et al., 1990).

(cf tableau I-10), qui se fixent sur les protéines les rendant indisponibles. Ce fait, mis en évidence par de nombreux auteurs sera repris dans le volet sur les tanins - elle a aussi été reliée à la fraction d'azote liée aux parois (N-ADF) (normalement indigestible) qui est plus importante chez les ligneux. Elle est estimée à environ 7 p.100 de l'azote chez les herbacées (Van Soest, 1967) alors qu'elle a été en moyenne de 12 à 18 p.100 (variation de 2 à 58 p.100) pour des ligneux d'Afrique de l'Ouest (Koné et al., 1987).

3- Autres facteurs de variation de la digestibilité des différents constituants

Les graminées tropicales ont une dMO qui dépend non seulement de l'âge, mais aussi des facteurs climatiques : température et saison. Comparées aux graminées tempérées, leur dMO est plus faible de 10 à 11 points, du fait de la plus faible digestibilité des plantes jeunes (rarement supérieure à 0.75) et non d'une diminution de digestibilité plus rapide avec l'âge (Demarquilly, 1989). Cette dernière reste comprise entre 0.21 et 0.39 point/jour aux Antilles quelle que soit la saison (sèche et humide mais avec des températures pratiquement identiques) (Chenost, 1973 et 1975) et entre 0.18 à 0.41 point/jour durant la saison chaude de forte production et n'est que de 0.15 point en moyenne /jour durant la saison froide au Sénégal (Richard, 1987).

Les fortes températures que subissent les graminées tropicales au cours de leur croissance entraînent une diminution de la proportion de feuilles et par là de MAT et minéraux (Deinum et Dirven, 1972 et 1976), et une augmentation corrélative des teneurs en parois totales (Wilson et Ford, 1971; Deinum et Dirven, 1975) et en lignine (Wilson et Ford, 1979). Ces modifications de composition chimique sont amplifiées par une action spécifique de la température sur le vieillissement des différents organes (cf Demarquilly, 1982), avec pour conséquence une réduction de la digestibilité notamment constatée aux stades jeunes.

Tableau I-9a : Vitesse de diminution de la digestibilité des différents organes des graminées et légumineuses herbacées (Hacker et Minson, 1981).

Species	Cultivar	Inflorescence	Digestibility units per day			Stem
			Leaf	Sheath	Leaf & sheath	
<i>Grasses</i>						
<i>Andropogon gayanus</i>			0.13		0.07	
<i>Bromus inermis</i>	Saratoga		0.29		0.36	
	Canada		0.35		0.42	
	Lincoln	0.43	0.28		0.60	
<i>Chloris gayana</i>	Masaba		0.17		0.20	
	Pioneer		0.32		0.23	
<i>Dactylis glomerata</i>	S37		0.19	0.33		0.76
	S37		0.32	0.36		0.50
	Frode	0.72	0.27		0.30	
	Frode		0.36		0.78	
	Ottawa		0.36		0.77	
<i>Lolium perenne</i>	S24	0.52	0.09	0.42		0.70
	S24	0.02	0.33	0.48		0.46
<i>Phleum pratense</i>	S48		0.44	0.14		0.64
	Climax	0.53	0.34		0.64	
	Climax	0.67	0.45		0.52	
	Essex		0.43		0.52	
<i>Setaria sphacelata</i>	Kazungula		0.21		0.11	
<i>Sorghum sp.</i>	Pioneer 985*		-0.08		0.10	
Mean		0.48	0.27	0.41	0.40	0.61
<i>Legumes</i>						
<i>Macropitium atropurpureum</i>	Siratro		-0.07			0.01
<i>Medicago sativa</i>	du Puits		0.01			0.35

* in vivo

Tableau I-9b : Effet de la saison sur la digestibilité (%) 48h en sachets de nylon des ligneux (Lambert et al., 1989c).

	Autumn	Spring	Summer
Tagasaste	79 ^b	84	74
Tree medic	80	87	76
Gorse	58	75	56
Short-spined gorse	-	77	56
Broom	72	78	63
Black locust	-	85	66
Manuka	47	56	40
Tauhinu	64	4	62
Ceanothus	75	75	70
Pampas	49	51	40
Toetoe	53 ^c	49	42
Pasture	83	86	68
Leaf ^a	78	83	73
Stem	52	63	48

^a Leaf and stem averages for the nine shrubs where dissections were carried out.

^b LSD_{0.05} = 14 for comparison of means in this part of table.

^c LSD_{0.05} = 7

Cette digestibilité plus faible des graminées tropicales jeunes résulte par ailleurs, partiellement du fait qu'elles sont des plantes de type C4 dont les feuilles sont non seulement riches en parois cellulaires mais contiennent plus de tissus (épiderme, sclérenchyme, parenchyme prévaculaire et faisceaux libéro-ligneux) peu ou moins digestibles par rapport aux plantes de type C3 (Wilson, 1983) que sont surtout les graminées tempérées.

Avec la maturité des ligneux, la décroissance de digestibilité peut être quelquefois très marquée. C'est le cas

- de la dMS de *Albizia lebbek* qui passe de 0.64 en début de végétation à 0.49 à la fin du cycle, avec des dMS inférieures à 0.44 pour les feuilles tombées au sol. - ou de la dMA de *Acacia berlandieri* qui varie avec la saison, de 0.46 à 0.14, en liaison avec les teneurs en N-NDF et en tanins condensés (Barnes et al., 1991).

Cependant, les auteurs ne s'accordent pas tous sur les variations liées au temps ou au site chez les ligneux. C'est ainsi que, si la moyenne de toutes les espèces confondues fait apparaître une différence de digestibilité avec le temps, ces variations ne sont plus évidentes pour une espèce donnée (Forwood et Owensby, 1985). De même, aucune influence de la saison sur la digestibilité des arbres et arbustes n'est rapportée par Wilson (1977).

L'influence du site d'étude sur la digestibilité des espèces est signalée par Panjaitan et al., (1989) qui trouvent une plus forte dMO sur le site caractérisé par une plus longue saison sèche.

La réduction de digestibilité constatée avec l'âge des fourrages herbacées et quelquefois ligneux est moins marquée pour les composants des feuilles (plus digestibles) que des tiges (tableau I-9a et b).

En somme, avec les ligneux on observe des comportements spécifiques aux espèces, avec même une variabilité individuelle quelquefois importante, pouvant atteindre jusqu'à 9 point de dMO selon McLeod (1973). Avec ces fourrages, une variation saisonnière de la digestibilité est donc difficilement généralisable, tout comme dans le cas de la composition chimique.

V - COMPOSES SECONDAIRES

La large plage de variation de la digestibilité et surtout les faibles corrélations précédemment soulignées lors de la prédiction de la valeur nutritive des ligneux montrent que leur valeur nutritive potentielle est souvent diminuée par la présence de composés secondaires. Compte tenu des teneurs plutôt faibles chez les herbacées, cette partie ne concernera que les ligneux.

Certains ligneux sont en effet réputés contenir des facteurs antinutritionnels (McLeod, 1974) pouvant entraîner jusqu'à la mort de l'animal (Barry et Blaney, 1987). Ces composés secondaires sont de nature diverse (phénols, tanins, anthocyane, phytoestrogènes...) et de teneurs variables pouvant atteindre jusqu'à 50 p.100 de la MS (Reed et al., 1985). Leur existence semble liée à la capacité d'adaptation de la plante pour lutter contre les prédateurs vertébrés ou invertébrés herbivores, les bactéries et les champignons (Lowry, 1989 ; Bryant et al., 1992). Parmi ces composés les tanins ont été largement étudiés.

Les tanins sont des polymères phénoliques solubles dans l'eau, qui ont la propriété de précipiter les protéines à des degrés divers. Il existe deux types de tanins dont la distinction est basée sur leurs structures chimiques.

*- Les tanins hydrolysables (acide tannique) sont des polymères de l'acide gallique ou de l'acide ellagique. Ils sont de poids moléculaire relativement faible (500 à 3000).

*- Les tanins condensés sont des polymères à noyau flavone (procyanidine). De poids moléculaire élevé (1000 à 30000) leur affinité pour les protéines est plus élevée que les premiers types.

Ces 2 types de tanins que l'on retrouve dans les ligneux peuvent différer du point de vue fonction biologique, signification nutritionnelle et effets toxiques (Kumar et Vaithyanathan, 1990).

Tableau I-10 : Neutral detergent fiber (NDF), phénols solubles et proanthocyanidines insolubles (PAI) d'Acacia d'Afrique de l'Est, et existants aussi en Afrique de l' Ouest (Reed, 1986).

Espèces	Organe	NDF (p.100 MO)	Phénols solu- bles (% MO)	PAI (A550/gNDF)
<i>Acacia albida</i>	feuilles	39,9	21,5	17,3
<i>Acacia nilotica</i>	feuilles	20,1	59,4	2,6
<i>Acacia nilitica</i>	feuilles	23,7	56,1	2,7
<i>Acacia nilotica</i>	apices	23,6	59,8	2,0
<i>Acacia senegal</i>	feuilles	41,2	15,4	4,1
<i>Acacia seyal</i>	feuilles	22,4	41,0	2,0
<i>Acacia seyal</i>	apices	20,7	54,5	1,6
<i>Acacia seyal</i>	feuilles	20,4	46,5	2,9
<i>Acacia seyal</i>	apices	18,7	51,9	3,7

En Afrique, on retrouve d'une façon générale une proportion importante d'arbres tannifères. C'est ainsi que seulement 8 échantillons sur 93, prélevés sur des plantes diverses en Ouganda et au Cameroun, sont exempts de tanins (Gartlan et al cités par Leinmüller et al., 1991). Le tableau I-10 donne à titre d'exemple les teneurs en tanins de quelques espèces répandues en zone soudanienne.

Les facteurs de variation de la teneur en tanins sont soit génétiques soit liés à des différences individuelles, ou au degré de maturité (Negi, 1977 cité par Nitis, 1989; Manners et al., 1991), et à la saison. Il s'y ajoute le stress occasionné par les lésions des feuilles, la déficience en eau et en nutriment du sol qui favorisent la synthèse des tanins. A l'inverse, la faible luminosité se traduit par de faibles teneurs suite à une déficience de carbone (Barry et Forss cités par Ahn et al., 1989; Leinmüller et al., 1989). De même, le séchage (Ahn et al., 1989) ou les températures supérieures à 60°C (Van Soest, 1965) conduisent à la diminution des teneurs en tanins.

La multitude des méthodes d'analyses des tanins, basées sur la colorimétrie, la gravimétrie et autres méthodes physiologiques, reflète bien l'hétérogénéité chimique de ces composés, qui se manifeste par des modes d'actions divers. En effet, les tanins affectent aussi bien la palatabilité et l'ingestion, la digestibilité des fibres que l'utilisation de l'azote, avec pour conséquence une inhibition relative des vitesses de croissance des animaux.

1- Palatabilité et ingestion

Les teneurs importantes en tanins des aliments diminuent la palatabilité (Cooper et Owen-Smith, 1985 ; Molyneux et Ralphs, 1992) et l'ingestion de ces derniers (van Hoven, 1984. Reed et al., 1990). Cette diminution survient soit par l'altération des processus de digestion, soit par précipitation des protéines salivaires ou l'adhésion des tanins aux muqueuses buccales au cours de la mastication ou de l'insalivation (Burrit et al., 1987). Le goût astringent ou la sensation de sécheresse qu'ils provoquent (Bale-Smith, 1973) peuvent conduire l'animal à ne plus accepter d'aliment.

Les chèvres qui sont de grandes consommatrices de ligneux acceptent très peu les plantes qui contiennent plus de 5p.100 de tanins condensés. Il existerait chez les ruminants un processus d'adaptation aux ligneux et les aliments tannifères sont mieux acceptés après une période d'accoutumance (Leinmüller et al., 1991; Woodward et Reed, 1989).

2- Digestion des fibres

Les tanins ont aussi une influence négative sur la digestibilité de fibres. Une ration contenant 1 p.100 d'acide tannique entraîne une réduction de la digestibilité de la MS qui est plus imputable à la réduction de la digestibilité des fibres qu'à celle des protéines : 9 et 7 p.100 respectivement (Hay et van Hoven, 1988). La diminution de la digestibilité des parois cellulaires résulte de la formation de complexes indigestibles avec les glucides pariétaux (Reed, 1986; Barry et al., 1986) mais il doit y avoir aussi une action directe sur les enzymes bactériennes. Chiquette et al (1988) ont mis en évidence, par microscopie, que les bactéries du rumen forment de multiples microcolonies qui adhèrent aux feuilles à teneurs en tanins élevées, mais que ces colonies ne pénètrent pas les tissus comme le font par contre les bactéries associées aux lignées à faibles tanins.

3- Utilisation de l'azote

En comparant des ligneux tannifères avec des aliments non tannifères, Woodward et Reed (1989) constatent que les tanins influent profondément sur la digestibilité de l'azote à tous les stades de la digestion. En effet, l'ammoniac du rumen, qui est fonction de l'activité protéolytique du rumen et de l'azote dégradable, est plus important avec *Sesbania sesban* (non tannifère) qu'avec *Acacia nilotica* et *Acacia seyal* (tannifères). Ce fait dénote une dégradation plus rapide de l'azote de *Sesbania sesban* liée à sa plus faible

teneur en fibre et en éléments phénoliques. Il en résulte une teneur en urée plasmatique et une quantité d'azote excrétée dans l'urine plus élevées chez les animaux recevant *Sesbania sesban*. En revanche, l'azote fécal est plus élevé chez les animaux recevant les *Acacia*.

Les tanins jouent sur la dégradation des protéines en inhibant les enzymes protéolytiques notamment celles des microorganismes. Ils se complexent par ailleurs avec les substrats protéiques, les rendant moins digestibles (Hanley et al., 1992) d'où une excrétion fécale plus importante d'azote alimentaire (Woodward et Reed, 1989). L'azote excrété et lié aux parois, qui permet d'estimer les matières azotées d'origine alimentaire des fèces (Mason, 1969), est alors élevé et peut provenir en partie des complexes tanin-protéines indigestibles (Reed, 1986).

Cette réduction de la digestibilité des protéines avec les aliments tannifères et illustrée à la figure I-7, est soulignée par de nombreux auteurs (Wilson et Harrington, 1980; Hill et al., 1987; Peterson et al., 1989; Reed et al., 1990), quoique dans certains cas la corrélation entre dMA et teneur en phénol soit faible et non significative : par exemple $r = -0.59$ et -0.26 selon la méthode d'analyse (Ahn et al., 1989). Pour Robbins et al. (1987), cette réduction de la dMA est proportionnelle à la capacité de précipitation des protéines par les tanins de la plante.

Cependant, on reconnaît aux tanins, mais uniquement quand leurs teneurs sont inférieures à 40g/kg MS (Waghorn, 1990), un rôle protecteur des protéines labiles contre une dégradation dans le rumen, favorisant ainsi l'arrivée dans le duodénum d'une quantité accrue de protéines de haute valeur nutritive sans modification de leur absorption, mais cela malheureusement s'accompagne d'une diminution de la libération d'azote soluble et de la formation d' NH_3 dans le rumen qui peut être préjudiciable à la croissance et à l'activité des microbes du rumen (Barry et al., 1986).

La détermination des composés secondaires est intéressante puisqu'elle affecte quelquefois très significativement la valeur nutritive des ligneux. Elle peut être un des

Tableau I-11a : Gain moyen quotidien (GMQ en g) d'ovins ingérant des fourrages ligneux associés ou non à un foin de graminée (Zoungrana Chantal, données non publiées).

Nature du ligneux	Quantité distribuée (g MS/kg P0,75)	GMQ (g)	Nature du foin	Quantité distribuée (g MS/kg P0,75)	GMQ (g)
<i>Balanites aegyptiaca</i>	70	+ 8,3	<i>P. pedicellatum tallage</i>	30	+115,7
"	40				
<i>Combretum aculeatum</i>	40		<i>A. gayanus tallage</i>	30	- 16,7
"	40		<i>P. pedicellatum tallage</i>	30	+ 25,7
<i>Ziziphus mauritiana</i>	70	- 20,6	<i>P. pedicellatum tallage</i>	30	+ 27,1
"	40				

Tableau I-11b : Evolution pondérale d'ovins alimentés avec du tourteau de Noug (TN) et 4 types de gousses de ligneux distribués en complément à des résidus de maïs (Tanner et al., 1990).

Paramètres	TN	<i>A. tortilis</i>	<i>A. albida</i>	<i>A. nilotica</i>	<i>A. sieberiana</i>
Gain de poids g/jour	32 a	32 a	21 ab	16 b	4 c
Ingestion					
résidus de maïs g MS/j	483 a	430 b	401 b	347 c	320 c
" g/kgPV/j	22	19	18	17	15
Complément g MS/j	80	206	194	204	211
MAT /j	39,4	38,1	36,9	34,4	34,4

Les valeurs suivies d'un même indice ne diffèrent pas significativement ($p < 0,05$).

critères à ne pas omettre lors de la sélection d'arbres et arbustes à usages multiples pour les associer à un système de production. En effet, certains sont très performants sur le plan agronomique mais de valeur nulle pour l'alimentation animale.

Cependant, il faut bien garder à l'esprit que la valeur nutritive ne peut être aisément prédite à partir du dosage de ces composés secondaires comme d'ailleurs de leur composition chimique.

VI- EVOLUTION PONDERALE DES RUMINANTS

L'évolution pondérale des animaux qui résulte de l'ingestion des ligneux distribués seuls est fonction de l'espèce et des quantités ingérées. Elle peut aller d'une perte de poids considérable à un GMQ positif (Barnard et al., 1992; Anugwa, 1990). Dans d'autres situations, la distribution de ligneux n'a servi qu'à couvrir les besoins d'entretien des animaux (Colomer et Passera, 1990).

L'effet bénéfique sur les performances de l'association des ligneux à une ration de base d'herbacées a été observé et exploité par beaucoup d'auteurs. Ainsi, les résultats du tableau I-11a font apparaître que la distribution comme seul aliment à des ovins de *Ziziphus mauritiana* ne permet pas la couverture des besoins d'entretien, et que l'association d'un foin de *Pennisetum pedicellatum* aux différents ligneux entraîne des GMQ positifs, qui sont de 116g avec *Balanites aegyptiaca*. L'association de 5 espèces de ligneux à un foin de *Panicum maximum* a permis aussi des GMQ de 120g et 90g respectivement chez des moutons et chèvres du Nigéria (Carew et al., 1980). De même, la distribution de 4 types de gousses d'*Acacia* et des tourteaux de noug (*Guizotia abyssinica*) en complément de résidus de maïs a montré une valeur nutritive des gousses d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia albida* comparable à celle des tourteaux de noug (Tanner et al., 1990). Le GMQ est associé à une augmentation de la quantité de matières azotées totales ingérées des rations (tableau I-11b). Selon Pratchett (1977) c'est la teneur en MAT du fourrage qui influe beaucoup plus que la digestibilité sur les gains de poids vifs.

Il semblerait que des proportions de ligneux supérieures à 30% dans la ration soient requises pour que les animaux puissent tirer tous les avantages potentiels des matières azotées de ces fourrages (Ivory, 1989).

Dans les conditions semi-arides, les performances auxquelles on peut s'attendre suite à l'ingestion des ligneux sont schématisées par Amir (1989) de la façon suivante : Comme seul aliment, les ligneux ne peuvent pas promouvoir des fortes performances; associés à d'autres fourrages, le GMQ peut être doublé; avec certains concentrés en complément, le GMQ peut être amélioré jusqu'à 5 fois.

CONCLUSION

Les arbres et arbustes ligneux sont utilisés généralement en complément des herbacées dans les différentes régions du monde, surtout en zones aride et semi-aride, pour l'alimentation des animaux domestiques.

De cette revue bibliographique sur la valeur nutritive des fourrages, il ressort assez clairement que pour aucun des aspects (appétibilité, composition chimique, digestibilité) on n'aboutit pour les ligneux à des lois d'évolution ou de prédiction aussi nettes qu'avec les herbacées.

Il y a cependant une certaine spécificité des ligneux par rapport aux herbacées qui est attribuable aux caractéristiques suivantes :

- Les ligneux fourragers ont des valeurs nutritives spécifiques à l'espèce, mais non liées à la famille botanique ou au fait qu'ils appartiennent ou non au groupe des légumineuses.
- Ils subissent ou pas, avec la maturité ou le site, des modifications de composition chimique et/ou de digestibilité d'un ou plusieurs éléments.
- Leur valeur nutritive est plus ou moins masquée par la présence de composés secondaires qui sont de nature et de teneur variables en fonction de l'espèce et des conditions du milieu, concourant au fait que

- La prédiction de leur valeur nutritive, ou de leur appétibilité reste difficile à partir des analyses chimiques classiques : on constate notamment une absence de corrélation entre les MAT et la dMS.

Il se dégage de ces particularités qu'il y a une nécessité d'étudier ces espèces, de façon individuelle. Cette collecte de l'information doit être répartie dans le temps de manière à couvrir le cycle entier de végétation.

La complexité des ligneux est sans cesse évoquée par les différents auteurs, par ailleurs tous d'accord sur leur atout majeur qui est leurs teneurs élevées en MAT, de même qu'en certains minéraux et vitamines, quoique ces MAT ne soient pas toujours disponibles en totalité.

En outre, il existe encore peu de données quantitatives sur leur contribution réelle à la production animale.

La place des ligneux dans la classification des aliments du bétail, notamment par rapport aux herbacées, n'est vraiment pas aisée à situer :

- Certains constituent de véritables suppléments azotés et se sont révélés de valeur identique, voire supérieure, à celles des tourteaux lorsqu'ils sont associés à des graminées ou sous-produits (Reed et Forwood, 1985). L'addition de ligneux tels que *Shaeralea coccinea* et *Croton corymbulosus* ou d'*Atriplex canescens* et *Cercocarpus montanus* à un foin d'herbacée (*Boteloua gracilis*), en comparaison avec de la luzerne, montre qu'ils peuvent être utilisés comme supplément aux graminées pauvres. Ils ont amélioré la digestibilité de la plupart des nutriments du foin de manière similaire à la luzerne. Les MAT et l'énergie brute ingérées sont améliorées de même que l'utilisation de l'azote ou l'énergie retenue (Rafique et al., 1992).

- D'autres, par contre, sont de valeur nutritive comparable à celle des foins de mauvaise qualité puisqu'ils ne sont pas en mesure de couvrir à eux seuls les besoins d'entretien des animaux. C'est le cas par ex de *Anogeissus latifolia* classé par Mehta et Bhaid (1985) comme un fourrage de qualité inférieure.

- D'autres, enfin, couvrent l'entretien ou une production acceptable. Dans ce dernier cas, lorsque leur ingestion est importante, ils sont utilisés comme fourrage de base jusqu'à des taux de 80% de la ration des ovins. Les feuilles de *Mangifera indica* et *Streblus asper* par exemple peuvent être distribuées comme seul fourrage aux caprins à la place des herbacées. La croissance qui en découle est plus grande qu'avec de l'herbe fraîche (Akbar et Alam, 1991).

Dans tous les cas, la meilleure utilisation des herbacées (graminées) et des ligneux semble encore leur association. C'est d'ailleurs le cas de figure le plus courant, aussi bien en situation de libre parcours que lors des nombreux essais expérimentaux sur les ligneux.

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II

CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude des herbacées et des ligneux a été réalisée en région nord-soudanienne du Burkina faso, à la Station expérimentale de Gampéla, qui est située à une vingtaine de Km à l'est de Ouagadougou, sur l'axe routier Ouagadougou-Niamey. Cette station est comprise entre 12°25' de latitude Nord et 1°21' de longitude Ouest. Elle couvre une superficie totale de 490 ha.

I- LE CLIMAT

Le climat est de type Nord-soudanien, caractérisé par deux saisons bien distinctes dans l'année : une saison sèche alternant avec une saison des pluies.

La saison sèche dure 7 à 8 mois et comporte deux périodes.

- Une période sèche et fraîche qui va d'Octobre à Février
- Une période sèche et chaude qui commence à partir de Mars et se poursuit jusqu'à l'arrivée des pluies.

La saison des pluies, communément appelée hivernage, est relativement courte et dure 4 à 5 mois.

1- Pluviométrie

La production fourragère des pâturages naturels soudaniens est tributaire de la pluviométrie. Trois facteurs déterminent le niveau de production des herbages :

- la quantité totale de pluies reçue - la précocité et la durée totale de la saison des pluies - la répartition des pluies au cours de la saison.

Figure II-1 : Variation interannuelle de la pluviométrie (1983-1992).

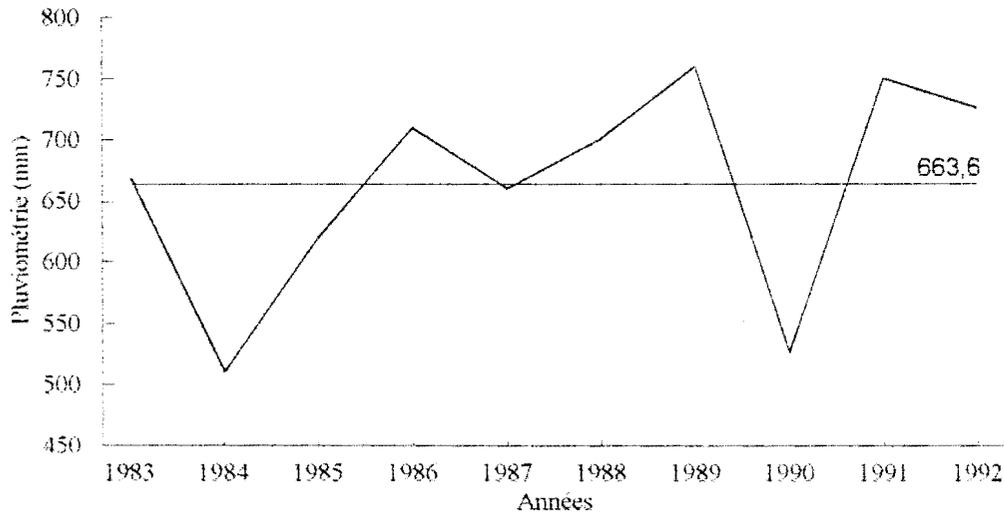
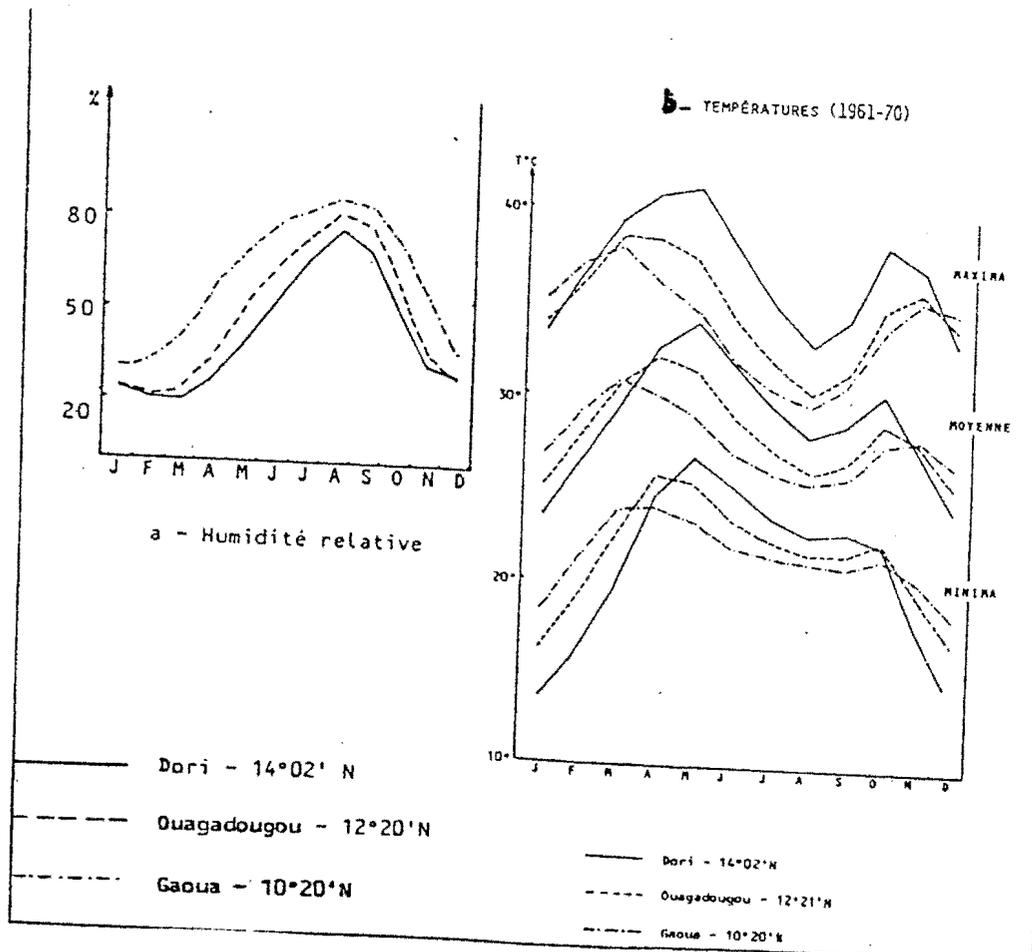


Figure II-2 : Evolution de quelques paramètres climatiques dans trois stations météorologiques (d'après Fontes, 1983).



La régularité pluviométrique semble avoir plus d'importance en début de saison au moment où les herbacées entrent en phase de tallage; un épisode sec à ce stade peut réduire considérablement le stock grainier des sols et compromettre la production des espèces annuelles. La période de floraison est également sensible à la sécheresse qui peut conduire à l'inachèvement des cycles de végétation avec à la fois des conséquences sur la quantité de biomasse et sur la production des semences.

La pluviométrie moyenne annuelle des dix dernières années est de 664 mm, avec des valeurs extrêmes de 510 et 759 mm obtenues respectivement en 1984 et 1989 (figure II-1).

Au cours des 3 années d'étude de la biomasse (1988, 1989, 1990), la pluviométrie observée à Gampéla a été variable tant du point de vue de la quantité d'eau tombée que de sa répartition : 703 mm en 46 jours de pluie en 1988 contre 759 mm en 54 jours en 1989 et seulement 529 mm en 42 jours de pluies en 1990.

2- Humidité relative

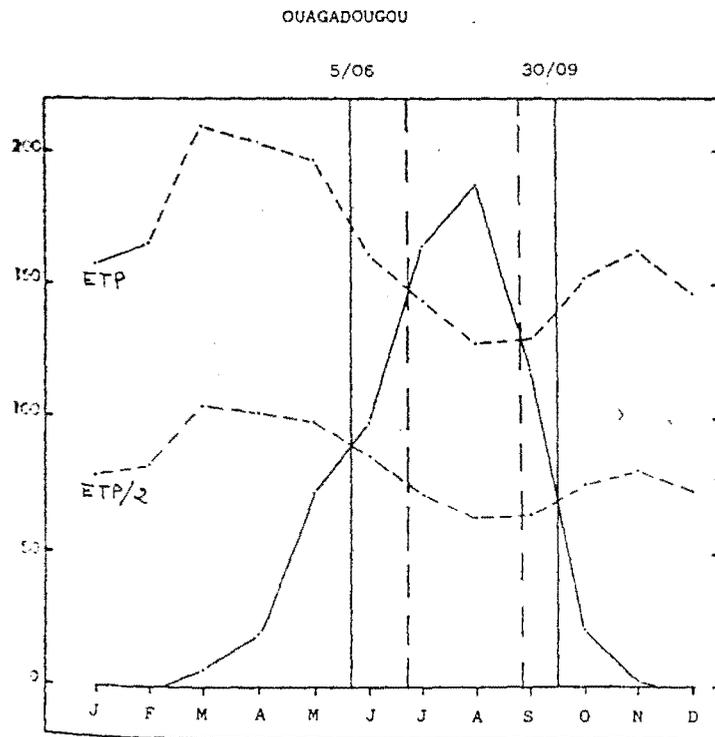
Ce paramètre climatique joue un rôle important dans la biologie des espèces végétales, notamment dans les régions à climat semi-aride. La courbe d'évolution de l'humidité relative (figure II-2a) a une allure semblable à celle de la pluviométrie. Cette courbe est unimodale avec un maximum au mois d'Août et des valeurs minimales en février et mars.

Le niveau relativement élevé de l'humidité relative de l'air au sortir de la saison des pluies et pendant la période qui précède son installation contribuerait au maintien d'une certaine turgescence de la végétation. Par ailleurs, ce facteur semble déterminant dans le débourrement des bourgeons et la floraison de nombreuses espèces ligneuses de savane en fin de saison sèche

3- Températures

La figure II-2b illustre les variations de températures moyenne, maximale et minimale de la zone d'étude. Les courbes sont d'allure bimodale. Les plus fortes

Figure II-3 : Diagramme de bilan hydrique de la localité de Ouagadougou (1979-1989)
 (d'après Zoungrana, 1991).



températures illustrées par les 2 pics correspondent respectivement à la période précédant les pluies et celle qui leur est consécutive. Les températures moyennes sont de l'ordre de 33°C en Avril et Mai, et oscillent entre 22 et 27°C de décembre à janvier ainsi que durant la saison des pluies.

4- Hydrographie

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

5- Bilan hydrique et période active de végétation

La période active de la végétation peut être estimée à partir de la pluviométrie et de l'évapotranspiration potentielle (ETP). Cette dernière correspond à la demande climatique en eau.

Ainsi, la période active de végétation est elle définie comme étant celle de l'année durant laquelle la pluviosité est supérieure à la moitié de l'ETP. A Gampéla, elle va de Mai à Septembre (figure II-3).

En se basant sur la définition des périodes décrites par Papadakis (1966) à partir de la pluviométrie, de l'ETP et de la réserve en eau utilisable du sol, dans notre zone d'étude la période active de végétation s'étend sur les périodes subhumide et humide.

II- LES PATURAGES

En fonction de la situation topographique, de la nature du sol et des principales espèces rencontrées, trois types de pâturages ont été définis au niveau de la Station expérimentale de Gampéla.

- Les pâturages de plateau
- Les pâturages de basfond
- Les pâturages de position topographique intermédiaire entre les plateaux et les basfonds

1- Pâturages de plateau

Ils occupent une position topographique haute. Les sols sont ferrugineux tropicaux lessivés indurés, peu profonds (n'excédant pas 40 cm). Ils ont une charge granuleuse de 15 à 60% ; la texture est sablo-limoneuse. Ces sols sont moyennement acides à neutres. Les pâturages de plateau étudiés sont largement dominés par *Loudetia togoensis* accompagnée par *Andropogon pseudapricus* et *Zornia glochidiata* qui sont assez bien représentés.

Les strates arborée et arbustive sont composées d'espèces telles que *Sclerocarya birrea*, *Bombax costatum*, *Combretum micranthum*, *Combretum aculeatum*, *Combretum glutinosum*, *Securinega virosa*, *Acacia macrostachya* et *Ziziphus mauritiana*.

2- Pâturages de basfonds

Ils occupent les dépressions et représentent 27.5 ha soit 5.5% de la station.

Les sols sont hydromorphes, peu humifères, à pseudogley d'ensemble. Ces sols sont peu évolués, d'apport alluvial hydromorphe sur matériaux limoneux à limono-argileux, de pH acide 5.0 à 6.8.

Deux sous-unités se distinguent sur les pâturages de basfonds.

- Les pâturages de basfonds à inondation temporaire qui se trouvent en bordure de la mare formée par la cuvette de décantation du Massili. Ils sont régulièrement inondés pendant le mois d'Août.
- Les pâturages de basfonds non inondés qui se trouvent eux au niveau du bras mort du Massili. L'eau n'y stagne presque jamais.

La végétation est une savane herbeuse dominée par *Vetiveria nigriflora* et *Panicum anabaptistum*. Ils y poussent avec d'autres espèces telles que *Panicum subalbidum*, *Echinochloa colona* *Aeschynomene indica*.

Les ligneux dominants sont : *Mitragyna inermis*, *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma thoninghii* et *Acacia seyal*.

3- Les pâturages en position intermédiaire entre plateau et basfond

Les sols sont ferrugineux tropicaux lessivés, à concrétions et taches d'hydromorphie sur matériaux limono-sableux à limono-argilo-sableux. Le sol y est profond de 90 à plus de 120 cm. Le pH est fortement à moyennement acide.

La superficie occupée par ces pâturages est assez réduite ; environ 20.5 ha soit 4% de la surface totale délimitée par le périmètre.

La végétation est une savane arborée de vallée hydromorphe. Les espèces herbacées dominantes sont *Andropogon gayanus*, et *Pennisetum pedicellatum*. On y retrouve aussi des espèces telles que *Brachiaria lata*, *Andropogon pseudapricus*, *Schizachyrium exile*, *Eliomurus elegans*, *Zornia glochidiata*, *Setaria pallide-fusca*, *Stylosanthes erecta*, *Tephrosia bracteolata*.

Ces espèces herbacées coexistent avec de nombreux ligneux tels *Butyrospermum paradoxum*, *Terminalia avicennioïdes*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*.

III- CHOIX DES SITES D'ETUDE ET DES ESPECES

1- Choix des sites

Les espèces étudiées en pure ont été choisies pour leur appétibilité et leur contribution spécifique élevées sur les pâturages de la station, mais aussi de façon générale en zone Nord soudanienne. Elles se retrouvent sur les 3 types de pâturages définis ou elles forment par endroit de larges plages continues quasi monospécifiques. Ce sont ces plages qui ont été utilisées pour l'étude des espèces en pure.

En dehors de ces sites, elles coexistent avec de nombreuses autres espèces. Ce sont ces formations plurispécifiques que nous avons dénomées "pâturage dans sa globalité", et qui permettrons d'avoir une idée globale de la situation de chaque pâturage.

Ces sites ont été choisis dans les 3 principaux types de pâturage. Cependant, nous avons constaté qu'il existait deux types de situations dans le cas des pâturages de plateau : des zones où le pâturage était à dominante de graminées annuelles et d'autres où il était au contraire à base de graminées pérennes (en l'occurrence *Andropogon gayanus*). Il nous a donc paru opportun de définir pour ces pâturages de plateau deux sites d'étude.

Par ailleurs, pour les pâturages de basfond nous avons limité nos investigations aux seuls pâturages de basfond à inondation temporaire.

Les quatre sites retenus correspondent ainsi à des ;

- pâturages de plateau à dominante de graminées annuelles (PGa)
- pâturages de plateau à dominante de graminées pérennes (PGv)
- pâturages de basfond (PBf)
- pâturages intermédiaires entre plateau et basfond (PPBf).

2- Description des principales espèces

Seules les cinq espèces de graminées qui ont fait l'objet de tous les volets de l'étude seront décrites de façon très sommaire, puisque leurs descriptions plus détaillées pourraient se retrouver dans les différentes flores.

- *Andropogon pseudapricus* Stapf est une graminée annuelle de 60 à 120 cm de haut, poussant en région soudanienne, où elle occupe les jachères et plus particulièrement celles à sols peu profonds et sablonneux.

Cette espèce, une fois à l'état de paille, est totalement délaissée par les animaux.

- *Brachiaria lata* (Schumach) C.E Hubbard est une graminée annuelle, poussant en touffes de 30-60 cm de haut, ou plus en zone humide.

L'espèce est très appréciée des animaux et est activement recherchée sur les pâturages.

- *Pennisetum pedicellatum* Trin se rencontre en zone soudanienne. Il envahit les jachères arborées relativement anciennes. *Pennisetum pedicellatum* est très apprécié par les animaux à des stades précoces.

Tableau II- 1 : Caractéristiques sommaires des principaux ligneux étudiés.

ESPECES	Port	Famille	Groupe (1)	Zone écologique	Organes appâtés(2)	Autres uti- lisations (3)
1- <i>Acacia albida</i> Del; syn = <i>Faidherbia albida</i> (Del)	arbre	Mimosoideae	L	Soudanienne et soudano-sahélienne	F, G	P
2- <i>Acacia machrostachya</i> Reichenb ex Benth	arbre ou arbuste	"	L	soudanienne	F, G	H, P
3- <i>Acacia seyal</i> Del.	petit arbre	"	L	Sahélienne et sahélo- soudanienne	F, G	P, B
4- <i>Balanites aegyptiaca</i> (Linn) Del.	arbre	Balanitaceae	A	Sahélienne et soudano-sahélienne	F, G	H
5- <i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	arbuste ou petit arbre	Caesalpinoidea	L	Sahélienne et sahélo- soudanienne	F, G	
6- <i>Combretum aculeatum</i> Vent.	arbuste	Combretaceae	A	Sahélienne et sahélo- soudanienne	F, G	
7- <i>Ziziphus mauritiana</i> Lam	arbuste	Rhamnaceae	A	Sahélienne et souda- nienne	F, G	H

(1) Légumineuses (L) ou Autres (A)

(2) Feuilles (F) ou fruits (G).

(3) Alimentation humaine (H); Pharmacopée (P); Bois de service et bois d'oeuvre (B).

- *Andropogon gayanus* Kunth. var. *bisquamulatus* est une graminée pérenne, cespiteuse, largement répandue dans les forêts claires et les savanes soudaniennes. Il est aussi caractéristique des stades avancés de reconstitution des jachères. Il peut atteindre plus de 3m de haut.

- *Panicum anabaptistum* Steud est une graminée vivace, de taille supérieure à 1.5m. Il pousse en touffe dans les zones de bas-fonds; est très apprécié par les animaux surtout à l'état jeune, et semble résistant à une pâture intense.

Dans le cas des ligneux, les caractéristiques sommaires des principales espèces étudiées sont regroupées au tableau II-1.

CHAPITRE III

METHODES D'ETUDES

I- LES HERBACEES

1- Biomasse

1.1- Biomasse totale

Cinq espèces de graminées et quatre zones de végétation naturelle ont fait l'objet d'une évaluation de biomasse tout au long du cycle annuel de végétation. Selon l'espèce, cette évaluation a été répétée sur 2 ou 4 années consécutives.

<u>Espèces</u>	<u>Nombre d'années</u>
<i>Andropogon gayanus</i>	4
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	4
<i>Panicum anabaptistum</i>	2
<i>Andropogon pseudapricus</i>	1
<i>Brachiria lata</i>	1
Pâturage naturel	1
Légumineuses	1

La méthode utilisée est celle de la récolte intégrale (Odum 1960 , César 1981). Elle a été choisie compte tenu de sa simplicité et de sa fiabilité. Elle consiste à récolter sur des surfaces unitaires de 1m² déterminées par jet d'un objet au hasard, qui détermine l'emplacement à récolter. A chaque récolte le nombre de répétition admis est fonction du degré d'homogénéité du groupement. Il est fixé a 10 de façon a avoir une précision de l'ordre de 20 à 30%.

Pour *Andropogon gayanus*, espèce pérenne poussant en touffe, l'unité adoptée a été la touffe. Une étude préliminaire sur le site avait montré une densité moyenne de l'espèce

dans la zone de l'ordre d'une touffe/m². A chaque date de coupe quinze (15) touffes numérotées de I à XV sont ainsi désignées au hasard par jet d'objet.

Les graminées annuelles sont coupées à 5 cm du sol, alors que les pérennes le sont à 15 cm, de façon à ne pas endommager les collets et préserver ainsi les régénérations ultérieures, donc la survie de la touffe.

Les mesures de biomasse se font à intervalles réguliers de 15 jours. Cette périodicité est réduite à 10 jours avec *Brachiaria lata* à cause de son cycle végétatif qui est assez court.

Chaque carré ou touffe coupé est pesé frais sur le terrain. Par un tri manuel, on sépare la nécromasse de la partie verte. Cette dernière est repesée et on déduit le poids de la nécromasse par différence entre le poids total (phytomasse) et celui de la partie verte (biomasse). Les échantillons représentatifs des différents carrés ou touffes sont homogénéisés et une fraction est prélevée en vue de la détermination de la teneur en matière sèche pour le calcul de la biomasse.

Dans le cas de l'étude du pâturage dans sa globalité, par tri manuel, on sépare les graminées des légumineuses et autres espèces; chaque fraction est évaluée séparément.

1.2- Stratification de la biomasse

Une étude de la stratification de la biomasse d'*Andropogon gayanus* a été entreprise en 1988 et 1989. Elle a été initiée à cause de la très grande taille de l'espèce pouvant dépasser 3m de haut.

Comme pour l'étude de la biomasse, l'unité de mesure considérée est la touffe. A chaque date de coupe (intervalle de 15 jours), quinze (15) touffes (numérotées de I à XV) sont désignées au hasard. Sur chaque touffe, on effectue des coupes au niveau de ligatures placées tous les 40 cm le long de la touffe à partir de 15 cm du sol. Les échantillons récoltés sont numérotés par strate : de 1 (strate la plus basse) à n.

Les biomasses des diverses strates sont d'abord déterminées séparément sur le terrain, puis regroupées par catégories selon le numéro d'ordre des strates. Ces échantillons sont par la suite traités dans les mêmes conditions que ceux de plantes entières.

En même temps que l'étude de la stratification, la partie racinaire a été prélevée. Pour cet aspect, la plupart des auteurs préconisent à cet effet, la méthode des <<monolithes>>. Cette dernière ne convenait pas à notre site d'étude où les racines, très superficielles courent parfois à la surface du sol. Aussi, nous avons procédé à des excavations de sol après récolte de la partie aérienne. Les racines maintenues attachées à la souche, sont lavées au jet d'eau sur tamis et détachées des collets.

1.3- Evaluation des repousses

A chaque date de mesure de la biomasse, 7 des 15 touffes coupées sont marquées à l'aide de médailles numérotées. Elles serviront ultérieurement à retrouver la date d'exploitation de la touffe.

Les repousses de ces touffes sont par la suite étudiées pendant la saison sèche, toutes en même temps, entre la 16ème et la 18ème semaine après la première date de coupe.

L'objectif visé dans un premier temps était d'apprécier la capacité de l'espèce à fournir, en fonction de sa date d'exploitation, des repousses, et de voir s'il existait une période au delà de laquelle la survie de l'espèce pouvait être menacée.

La première année (en 1988), seule la hauteur des repousses est appréciée, en fonction de la date de coupe. Par la suite (en 1989 et 1990), en plus de la hauteur, la biomasse est mesurée.

2- Capacité de charge

La capacité de charge (CC) a été définie pour appréhender la valeur d'un pâturage en vue de la gestion des parcours. C'est un indice complexe du fait que l'on apprécie en une seule fois la quantité annuelle de fourrage disponible (production) et sa qualité (utilisation), pour un objectif de production donné. La quantité utilisée devant préserver la pérennité des espèces.

Les taux d'utilisations admis par les différents auteurs sont très variables (20 à 80%) en fonction de la zone écologique et du type de formation.

La capacité de charge est calculée sur la base de la production maximale de phytomasse (P), de son utilisation (U) et d'une consommation journalière d'une Unité Bétail Tropicale (UBT) estimée à 6.25 kg de MS. Elle s'exprime en UBT/Ha pour une période d'utilisation annuelle ou saisonnière (saison des pluies, saison sèche...)

$$\text{CC UBT/ha/période d'utilisation} = \frac{\text{P (kg MS/ha)} \times \text{U (\%)}}{6.25 \times \text{Période d'utilisation (j)}}$$

3- Phénologie, hauteur et nombre de talles

Le suivi de la phénologie, le comptage du nombre de talles et les mesures de hauteur commencent dès le début de la saison des pluies, quelque fois même avant les mesures de biomasse.

3.1- Tests de germination

Des tests de germination de 4 graminées : *Andropogon gayanus*, *Elionurus pobeguinii*, *Sorghastrum bipennatum* et *Panicum anabaptistum* ont été conduits dans un premier temps au laboratoire. Des lots de 100 graines de semences sont placés dans des bacs de germination maintenus à la température ambiante, dans un endroit bien éclairé. Quotidiennement, le nombre de graines germées est compté

3.2- Phénologie

Des méthodologies différentes ont été employées pour l'étude de la phénologie. En 1988 lors des coupes de biomasse, c'est la phénologie dominante de chaque carré qui est notée. En 1989, au niveau de chaque site d'observation, et par espèce, des individus choisis au hasard sont matérialisés par un piquet. Ce sont ces mêmes individus qui seront concernés

pendant toute la période d'étude pour la mesure de la hauteur et le comptage du nombre de talles. Ainsi, 50 pieds ont été marqué pour *B. lata* et *P. pedicellatum*, 20 pour *P. anabaptistum* et 20 touffes d'*A. gayanus*.

En 1990 une modification est intervenue. Ainsi, 3 à 5 fils de 1m de longueur sont tendus à des emplacements différents sur chaque site. Ils servent de repère; et tous les individus touchant le fil seront suivis pendant la durée de l'étude.

Pour le pâturage dans sa globalité, la phénologie notée correspond à celle de l'espèce dominante.

La périodicité des observations dépend de l'espèce : 15 jours en 1988 et 1989, 7 jours en 1990. Elle est toujours plus resserrée avec *B. lata* : 5 jours. Elle l'est de même pour toutes les espèces pendant la phase de reproduction au cours de laquelle les observations sont effectuées tous les 3 à 5 jours.

Des données qualitatives correspondant à la succession des phases phénologiques retenues suivantes ont été recueillies.

- Phase de germination
- Phase active de développement

C'est la phase à laquelle le plus d'attention est consacré. On y distingue les stades suivants :

* Tallage : accroissement numérique des talles avec élongation et extension en largeur des limbes foliaires.

* Montaison : apparition des talles foliaires qui émergent au dessus de la masse des feuilles.

* Epiaison : conventionnellement noté lorsque l'épillet de la spate terminale de l'inflorescence apparaît au-dessus de la gaine de la dernière feuille de la plante.

* Floraison-fécondation : les étamines émergent des poils soyeux, puis les anthères deviennent déhiscents, libérant des grains de pollen avant de se dessécher. Ce stade marque le début de la formation des graines.

* Fructification : formation des graines.

- Phase de maturation et de dispersion des graines.

Les graines formées poursuivent leur développement et leur maturation. Une fois les graines mûres, les diaspores sont détachées par le vent qui les dissémine dans les milieux voisins.

A chaque date d'observation, la proportion d'individus à chaque stade est déterminée. Le couplage de ces informations quantitatives aux données qualitatives de succession permet de définir avec plus de précision le stade phénologique de l'espèce. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés de la subdivision pratiquée par Demarquilly et Weiss (1970) pour le stade épiaison. Ainsi, on notera par exemple:

* stade début épiaison : les épis commencent à apparaître où sont sortis chez 5 à 10 p.100 des plantes examinées sur nos trois lignes de 1m.

* stade épiaison : 50p.100 des plantes examinées ont leur épis sortis de la gaine.

* pleine épiaison : les épis sont sortis sur 90p.100 des plantes.

Ces proportions sont appliquées pour l'identification des différents stades successifs.

3.3- Hauteur

Au niveau de chaque carré de prélèvement, ou de chaque touffe, lors de l'étude de la biomasse, la hauteur est systématiquement déterminée avant la coupe.

La hauteur de la plante est obtenue en relevant les feuilles d'une touffe d'herbe et en mesurant la distance qui sépare l'extrémité des feuilles les plus longues du niveau du sol.

Une mesure de la hauteur est aussi couplée à la notation de la phénologie.

3.4- Nombre de talles

Lorsque la hauteur d'un individu est mesurée et sa phénologie notée, on compte son nombre de talles.

4- Composition floristique

La composition floristique a été étudiée sur les différents sites préalablement définis.

Nous avons utilisé la méthode d'analyse floristique quantitative par les points quadrats, mise au point au C.E.P.E. de Montpellier (Godron et al., 1967 ; Poissonet 1968 ; Daget et Poissonet 1971). Cette méthode a été utilisée avec succès dans les formations tropicales (Poissonet et César, 1972 ; Grouzis, 1988 ; Guinko et Zoungrana , 1988 ; Fournier, 1990). La technique consiste à recenser les présences des espèces à la verticale matérialisée (par une tige) de points repérés régulièrement tous les 20 cm, le long d'un ruban gradué tendu sur le toit de la végétation ou en son sein dans les formations herbeuses hautes. Par convention, une espèce n'est recensée qu'une fois quelque soit le nombre de ces contacts avec la tige.

La méthode permet ainsi de déterminer la composition floristique des groupements et la fréquence des espèces qui les composent. De ce fait, les principales espèces productives sont inventoriées et leur proportion respective peut être calculée. Entre deux lignes de flore, les relevés linéaires sont toutefois complétés par un relevé floristique exhaustif. Toute espèce croissant autour de chaque ligne de flore, et qui aurait échappé au relevé linéaire, est notée en extension.

Dans les groupements étudiés, un travail préliminaire a permis de déterminer que 4 à 5 lignes de 10 m, soit un échantillon de 200 à 250 points suffisaient pour obtenir une précision acceptable voisine de 5%. Cette précision est obtenue par le calcul de l'intervalle de confiance (IC)

$$IC = \pm 2 \sqrt{\frac{n(N-n)}{N^2}}$$

n = effectif cumulé de l'espèce dominante
 N = effectif cumulé de toutes les espèces

Les paramètres suivants, définis par Daget et Poissonet (1971), sont calculés.

- La fréquence spécifique (FS) : Pour une espèce, elle correspond au nombre de points où cette espèce a été rencontrée; c'est une fréquence absolue.

- La fréquence centésimale (FC) : c'est le rapport (en %) de la fréquence spécifique au nombre de points (N) échantillonnés.

$$FC = \frac{FS}{N} \times 100$$

- La contribution spécifique (CS) : elle est définie comme le rapport de la FS à la somme des FS de toutes les espèces recensées sur 100 points échelonnés.

$$CS_i = \frac{FS_i}{\sum_{i=1}^n FS_i} \times 100$$

où CS_i et FS_i sont les contributions et fréquences spécifiques de l'espèce (i) et n le nombre d'espèces.

CS_i représente la fréquence relative de l'espèce (i) dans l'ensemble des fréquences spécifiques observées.

5- Composition morphologique

La composition morphologique est déterminée en 1989 et 1990 sur 3 ou 5 échantillons représentatifs de 1 Kg de plante entière où de strate, prélevés lors des mesures de biomasse. La plante ou la strate est alors séparée en limbes verts, tiges + gaines vertes, feuilles mortes, tiges + gaines mortes et inflorescences. Ces fractions sont pesées, leurs teneurs en matière sèche déterminées et leurs proportions relatives exprimées sur la base de la matière sèche.

6- Composition chimique

L'analyse de la composition chimique a porté sur :

les différents échantillons collectés lors de l'évaluation de la biomasse: plante entière des espèces en pure ou du pâturage dans sa globalité ; feuilles, tiges et inflorescences séparées lors de la détermination de la composition morphologique ; strates et ses constituants morphologiques pour *A. gayanus*.

En outre, 3 légumineuses (*Alysicarpus ovalifolius*, *Zornia glochidiata* et *Stylosanthes erecta*) et une graminée (*Setaria spaciolata*) issues du pâturage naturel et dont la biomasse n'a pas été évaluée, sont récoltées sur un cycle de végétation.

Les échantillons sont séchés à l'ombre et broyés (grille 1mm) et les analyses chimiques classiques suivantes effectuées.

- La matière sèche (MS) à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Les cendres totales (MM) par calcination de la matière sèche à 550°C. On en déduit la matière organique (MO) .
- Les matières grasses (MG) correspondant à l'extrait éthéré.
- Les matières azotées totales (MAT) correspondant à l'azote selon Kjeldahl ($N \times 6.25$).
- La cellulose brute (CB) de "Weende".
- Les constituants pariétaux de Van Soest : Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) dosé directement sur l'échantillon et acid detergent lignin sulfurique (ADL) déterminé à partir de l'ADF.
- L'énergie brute (EB) par calorimétrie.
- Par ailleurs, certains éléments minéraux : phosphore (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca), magnésium (Mg) et oligoéléments : cuivre (Cu), fer (Fe), Manganèse (Mn) et Zinc (Zn) sont dosés .

7- Digestibilité

7.1- Vitesse de dessiccation des fourrages

Ce volet, signalons le, est assez sommaire. Il a été conduit en 1988, juste pour avoir une idée de la vitesse de dessiccation des fourrages, dans la perspective de la confection de foins.

Trois (3) graminées fourragères (*A. gayanus*, *P. pedicellatum*, *B. lata*) et une légumineuse (*Z. glochidiata*) ont été fauchées en Août puis en septembre. Sur deux échantillons de 1 Kg, la vitesse de dessiccation est suivie en soumettant la plante entière ou ses différents organes (feuilles, tiges, inflorescences) à un séchage à l'ombre ou au soleil.

7.2- Digestibilité in vivo

Les fourrages

Au total 6 espèces, 5 naturelles et une cultivée, ont été exploitées à divers stades phénologiques. Ces fourrages ont tous (sauf *Andropogon gayanus*) été étudiés uniquement sous forme de foins; le fourrage fauché est préfané au soleil puis séché à l'ombre sous hangar.

Animaux utilisés et durée des périodes

Les animaux sont des moutons mâles castrés de race Djallonké. Pour chaque essai de digestibilité on constitue sur la base du poids un lot homogène de 6 animaux. Ces moutons sont maintenus en cage à métabolisme individuelle, ce qui permet la mesure exacte des quantités d'aliment et d'eau offertes et refusées ainsi que des fèces excrétées. La période préexpérimentale de 15 jours est suivie d'une période de collecte qui dure 7 jours.

Régimes alimentaires et contrôles effectués

Les animaux reçoivent au cours de l'expérimentation 2 repas par jour distribués à 8h et 16h. Ils disposent par ailleurs d'eau et de complément minéral sous forme de pierre à lécher à volonté. Les fourrages sont distribués entier, ou grossièrement hachés pour les stades phénologiques avancés lorsque les espèces ont de grandes et grosses tiges. Le hachage effectué facilite la distribution à l'auge et même la préhension par les animaux.

Certains foins ont été distribués à un niveau alimentaire proche des besoins d'entretien à savoir 40g MS/Kg p0.75. D'autres l'ont été à volonté. Dans le soucis de pouvoir déterminer l'ingestion volontaire, nous nous étions fixés au départ (compte tenu de la relative pauvreté des fourrages tropicaux), un taux de refus compris entre 15 et 25 %. Ce taux n'a malheureusement pas pu être toujours respecté avec les fourrages au delà du stade phénologique épiaison, compte tenu des quantités consommées trop faibles.

Les quantités distribuées ne sont pas ajustées quotidiennement mais avant la phase préexpérimentale, un ajustement est effectué progressivement jusqu'à ce que les quantités consommées soient relativement stables avec le taux de refus admis. Cette étape a duré jusqu'à 3 semaines pour certains foins.

La quantité déterminée est alors mise quotidiennement à la disposition des animaux. Les refus sont prélevés avant le repas suivant, pesés et conservés en totalité par animal.

Pour d'autres fourrages, *A. gayanus* (en vert et en foin), *P. pedicellatum* et *P. anabaptistum* (en foin), deux variétés de fanes de niébé et du tourteau de coton en

quantité assez faible, ont été ajoutés aux rations de fourrages distribuées en quantité limitée (40g MS/Kg P0.75), ou avec un taux de refus de l'ordre de 35%.

L'objectif était d'apprécier l'amélioration potentielle causée par la complémentation sur la digestibilité des différents constituants chimiques du fourrage.

Les valeurs de digestibilité pour les divers constituants sont déterminées à partir de la valeur de l'ingéré (distribué - refus) et des fèces excrétées.

Les digestibilités des différents constituants sont calculées par animal et toute valeur de digestibilité d'un animal s'éloignant de plus de 5 points de la moyenne des 6 animaux est systématiquement éliminée.

7.3- Digestibilité enzymatique

La méthode de digestibilité "pepsine-cellulase" (Aufrère, 1982) a été appliquée aux fourrages pour prédire leur digestibilité in vivo. L'intérêt d'une telle méthode est qu'elle permet de se passer d'animaux fistulés donneurs de jus de rumen utilisés dans le cas des digestibilités in vitro.

La méthode comporte deux étapes : un prétraitement avec de la pepsine dans l'acide chlorhydrique 0,1N, 24h à 40°C, suivi d'un traitement par une cellulase <<Onozuka R10>> 24h à 40°C.

La digestibilité de la MS et de la MO correspond à la fraction de fourrage solubilisée.

II- LES LIGNEUX

1- Phénologie

La phénologie de 8 espèces est étudiée sur une partie représentative de chaque zone d'étude qui est protégée des animaux. Elle peut donc être considérée comme n'étant pas perturbée.

Dix (10) pieds de chaque espèce représentatifs des individus de la zone sont marqués de 1 à 10. La fréquence des relevés phénologiques est de 15 jours et reste invariable quels que soient le mois de l'année et la saison.

Les observations ont porté sur les phases de feuillaison (Fe), floraison (Fl) et fructification (Fr). Pour caractériser morphologiquement ces différents stades

phénologiques nous avons adopté des phases à l'intérieur de chacun des stades. Ainsi, nous avons les subdivisions suivantes:

- Feuillaison : Feo : absence de feuilles
 Fe1 : début feuillaison. Il correspond au déploiement des bourgeons foliaires.
 Fe2 : pleine feuillaison
 Fe3 : fin feuillaison marquée par la senescence des feuilles et leur chute.
- Floraison : Fl1 : début floraison
 Fl2 : pleine floraison
 Fl3 : fin floraison
- Fructification : Fr1 : début fructification
 Fr2 : pleine fructification
 Fr3 : fin fructification

La phase 1 correspond donc à l'installation et la phase 3 à la dernière étape du stade. Entre ces deux phases, la phase 2 correspond à l'optimum de l'activité.

La simplicité de la méthodologie adoptée : 3 phases au lieu de 5 par exemple (Grouzis et Sicot 1980) ou 7 (Fournier 1990) est guidée par l'objectif visé dans cette étude qui est, rappelons le, la répartition dans le temps du matériel végétal consommé par les animaux.

2- Composition chimique

Au total cinq (5) ligneux fourragers, sur les 8 de l'étude de la phénologie (*A. macrostachya*, *A. seyal*, *B.*

aegyptiaca, *C. aculeatum* et *Z. mauritiana*), font l'objet d'un suivi de la composition chimique. A cet effet, dix (10) pieds par espèce sont marqués. A intervalles réguliers de 15 jours, des échantillons de feuilles et accessoirement de gousses sont récoltés. Les prélèvements des différents pieds sont homogénéisés.

Un échantillon frais est séché à 105°C pour suivre pendant 2 ans la teneur en matière sèche.

Le reste est séché à l'ombre sous hangar. Les principales déterminations cendres totales, MAT, CB, NDF, ADF, ADL, les matières azotées liées à l'ADF (MAADF), les tanins précipitants et quelques minéraux (P, K, Na, Ca, Mg) (cf herbacées) permettent de suivre la composition chimique sur des périodes allant de 12 à 16 mois.

3- Digestibilité

3.1- Digestibilité in vivo

Les fourrages

La digestibilité des ligneux a été déterminée sur 6 espèces : *A. albida*, *A. macrostachya*, *B. aegyptiaca*, *B. rufescens*, *C. aculeatum* et *Z. mauritiana*. Elle a concerné essentiellement des échantillons de feuilles (seulement 3 de gousses).

Les feuilles sont récoltées tout au long de l'année. Elles sont traitées comme les herbacées: préfanage au soleil, puis séchage à l'ombre sous hangar.

Les gousses sont récoltées sèches et sont directement entreposées sous abri.

Animaux, régimes alimentaires et contrôles effectués

Les animaux utilisés sont les mêmes que ceux ayant servi à l'étude des herbacées. Ils sont soumis aux mêmes conditions expérimentales : 6 animaux par essai; déparasitage régulier; cages à métabolisme; complément minéral et eau à volonté; périodes préexpérimentale et de collecte.

Cependant, la composition de la ration diffère. Les ligneux ont été étudiés en s'inspirant de la méthodologie utilisée pour les aliments concentrés. Ils sont distribués en association avec un foin de base (graminée) dans les proportions suivantes : 60% de ligneux; 40% de foin.

Les rations sont distribuées en quantité limitée, au voisinage de la couverture des besoins d'entretien à savoir, 40g de MS/Kg P0.75.

Les animaux reçoivent 2 repas par jour au cours desquels le ligneux (plus rapidement ingéré) est distribué en premier.

La digestibilité du ligneux (dL) est calculée par différence à partir de la mesure de la digestibilité de la ration (dR) et de celle du foin (dF), distribué seul en même quantité.

$$dL = \frac{dR - x dF}{(1 - x)} \quad x = \text{proportion de foin}$$

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

3.2- Digestibilité in vitro Tilley et Terry (1963)

En plus de la méthode "pepsine-cellulase" (cf paragraphe herbacées), deux autres méthodes de prédiction de la digestibilité ont été appliquées aux fourrages ligneux.

Pour cette méthode biologique de prévision de la digestibilité on soumet un échantillon de fourrage à la digestion microbienne dans des conditions reproduisant celles du rumen.

On relie par la suite le taux de disparition du fourrage à la digestion in vivo.

La précision de la méthode, bonne avec les fourrages tempérés, l'est moins dans le cas des fourrages tropicaux (pauvres) car l'écart des digestibilités in vivo-in vitro aurait tendance à s'accroître pour les fourrages de faible digestibilité.

3.3- Méthode du gaz test

La méthode consiste à incuber dans des conditions précises (température et durée d'incubation) un échantillon de fourrage dans du jus de rumen. Le volume de gaz produit est alors relié à la digestibilité de l'aliment.

3.4- Digestibilité enzymatique des matières azotées

La dégradabilité de l'azote est mesurée in vitro après une protéolyse par une pronase.

Cette méthode est généralement utilisée pour prévoir la dégradabilité théorique in sacco qui est actuellement utilisée comme base de calcul du système PDI en France (Vérité et al., 1987).

III- LES SOUS-PRODUITS

1- Digestibilité des sous-produits

La digestibilité des principaux sous-produits agricoles et agro-industriels du Burkina Faso a été mesurée.

Les conditions expérimentales sont semblables à celles décrites pour les ligneux à quelques variantes près.

- Les pailles (sorgho et riz) ont été distribuées comme seul aliment de la ration. Avec la paille de sorgho, la période préexpérimentale a été de 21 jours.

- Les fanes d'arachides et les sous-produits agro-industriels : son de blé et de maïs, graines de coton, tourteau de coton, mélasse, drêches de brasseries et le tourteau de karité ont été associés tout comme les ligneux à un foin de graminée.

La digestibilité du sous-produit est aussi déterminée par différence à partir de la digestibilité de la ration et du foin.

2- Utilisation des sous-produits

La vitesse de croissance de 48 animaux, répartis en 6 lots (5 d'ovins et un de caprin) a été suivie pendant 12 semaines durant la saison sèche de Février à Mai. Ces lots sont soumis à des conditions d'alimentation différentes. Ainsi,

- Le lot 1 (ovin) et le lot 2 (caprin), d'un poids vif moyen respectif de 17.5 ± 2.1 et 14.5 ± 1.5 Kg, sont conduits quotidiennement au pâturage pendant 5 à 7 heures. Ils reçoivent, comme tout apport complémentaire, que de l'eau et un complément minéral (sous forme de pierre à lécher) à volonté.

- Les lots 3, 4, 5, et 6 d'un poids de départ moyen respectif de 11.8 ± 0.8 , 12.8 ± 0.8 , 14.4 ± 0.9 et 15.6 ± 0.1 Kg, sont eux aussi conduits au pâturage en même temps que les lots précédents. Ils reçoivent cependant en plus de l'eau et des minéraux, tous les soirs, de la drêche fraîche de brasserie ou du tourteau de coton.

Lot 3 : Drêche fraîche de brasserie (1.4 Kg / jour)

Lot 4 : Tourteau de coton (300 g / jour)

Lot 5 : Tourteau de coton (450 g / jour)

Lot 6 : Tourteau de coton (600 g / jour)

Les animaux sont régulièrement pesés à jeun toutes les semaines. La vitesse de croissance des lots ainsi que l'incidence financière des rations sont calculées.

TROISIEME PARTIE

RESULTATS

LES
HERBACEES

CHAPITRE IV

PHENOLOGIE, HAUTEUR, ET BIOMASSE DES ESPECES ET DU PATURAGE

I- PHENOLOGIE ET NOMBRE DE TALLES

1- Germination des graminées

Sur les pâturages de Gampéla, la germination des graminées est observée peu de temps après les premières pluies (fin juin - début juillet) et se poursuit massivement pendant environ un mois sur l'ensemble du pâturage. A la fin de cette phase, la strate herbacée présente alors l'aspect d'une pelouse rase continue.

La reproduction des pérennes à partir des graines est moins visible surtout sur nos parcelles où il subsiste de vieilles souches. La reprise de la végétation se fait à partir des bourgeons du plateau de tallage. Ainsi, de nouvelles touffes denses se forment à partir des anciennes.

L'intensité de germination est généralement élevée dans ces zones et malgré un tel pouvoir d'implantation des plages nues existent sur ces pâturages. Dans les zones à *A. gayanus* elles sont généralement consécutives à des mortalités de touffes soumises à une exploitation trop sévère.

Dans une telle situation, et dans la perspective de réensemencement où de culture d'espèces plus performantes, la connaissance du pouvoir germinatif est fondamentale.

Des tests de germination sont conduits au laboratoire sur les semences de 4 graminées de savanes (2 annuelles et 2 vivaces) qui sont :

Eliomurus pobeguinii (Ep) : espèce annuelle, semences de 1987

Sorghastrum pibennatum (Sb): espèce annuelle, semences de 1987

Andropogon gayanus (Ag) : espèce pérenne, semences de 1987 *Panicum anabaptistum* (Pa) : espèce pérenne, semences de 1986

Figure IV-1 : Evolution du nombre de plantules en fonction du temps.

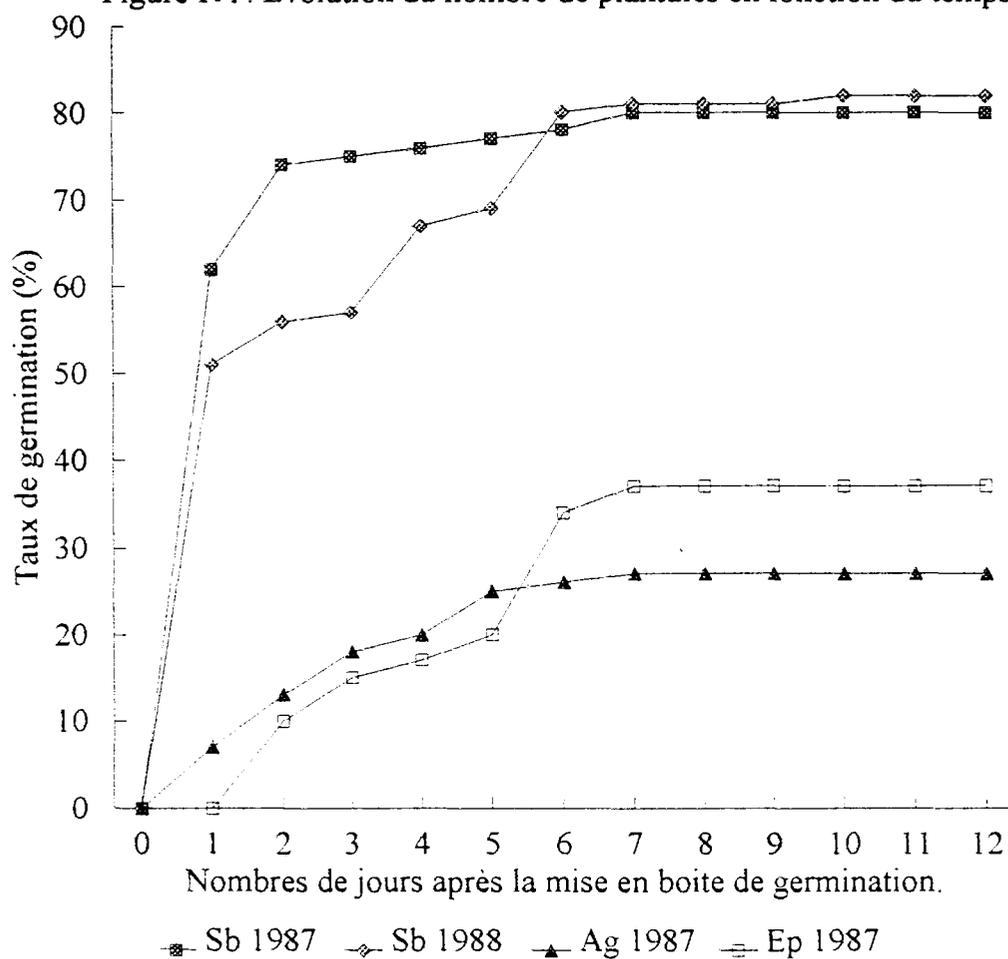


Tableau IV-1 : Pluviométrie de la zone d'étude au cours des quatre années d'étude (1987 à 1990).

Années	1987	1988	1989	1990
Mois				
Mars	15		9	
Avril		70	12	1
Mai	20	48	64	82
Juin	157	128	222	99
Juillet	162	155	284	97
Août	182	220	114	143
Septembre	101	70	55	102
Octobre	22	14		5
Total	644	705	760	529

La figure IV-1 montre l'évolution du nombre de plantules par espèce en fonction du temps et à partir de ces observations sommaires, on constate que :

- les semences qui germeront le sont à au moins 50% dès le 3ème jour.
- les annuelles pour lesquelles la reproduction se fait exclusivement à partir de graines ont les meilleurs taux de germinations.

Aucune germination n'a été possible avec les semences de *P. anabaptistum*. Il s'agit pourtant de graines mûres puisqu'elles ont été ramassées en début de dissémination en 1986. Elles doivent alors être très sensibles aux conditions de stockage (durée notamment) qui n'ont cependant eu qu'une faible influence chez *Sorghastrum pibennatum* (réduction de 5% après un an).

2- Cycles phénologiques et nombre de talles des espèces

L'ensemble des informations phénologiques par espèce et par année sont consignées dans les tableaux en annexe IV-1. Elles ont été, rappelons le, recueillies sur le pâturage naturel.

Le décalage dans le démarrage du cycle des espèces d'une année sur l'autre est lié à celui de la saison des pluies (tableau IV-1). Les pérennes sont plus précoces que les annuelles. La germination des dernières n'intervient qu'avec la saison des pluies, alors que le réveil des bourgeons latents des pérennes survient lorsque les conditions du milieu sont favorables. La remontée de l'hygrométrie de l'air (Mai) où le début de la saison des pluies marque chez les vivaces une intense activité de tallage.

Brachiaria lata est une espèce à cycle phénologique très court (2 mois). Sa durée de vie est inférieure d'au moins 1 mois à celle des autres annuelles *Pennisetum pedicellatum* (3 à 4 mois) et *Andropogon pseudapricus* (3 mois). D'une façon générale le cycle des pérennes est plus étalé que celui des annuelles. Il est d'environ 4 mois pour le premier cycle chez *A. gayanus* et *P. anabaptistum*.

Outre la durée totale du cycle, la longueur de chacune des phases phénologiques, celle des différents stades qui les composent, sont spécifiques de l'espèce.

D'une façon générale, les stades de reproduction sont très fugaces chez les annuelles étudiées. 15 et 20 jours les épis émergent, la floraison et la fructification se déroulent et la maturation commence.

La fin des pluies semble accélérer chez la plupart des espèces la maturation des graines alors qu'à l'inverse elle marque l'arrêt du développement de la plante.

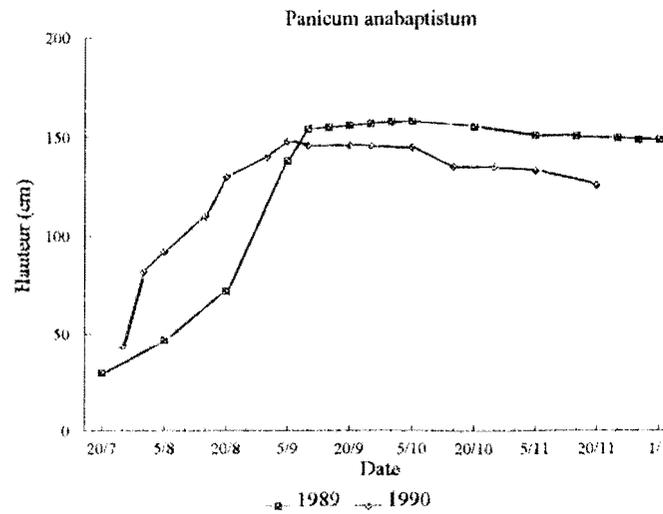
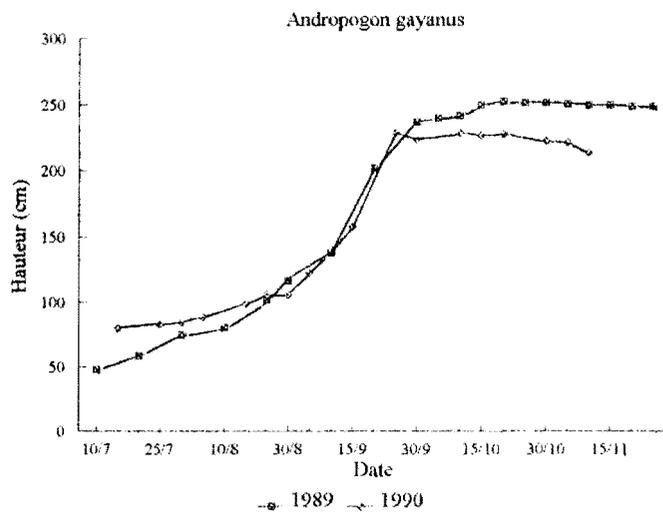
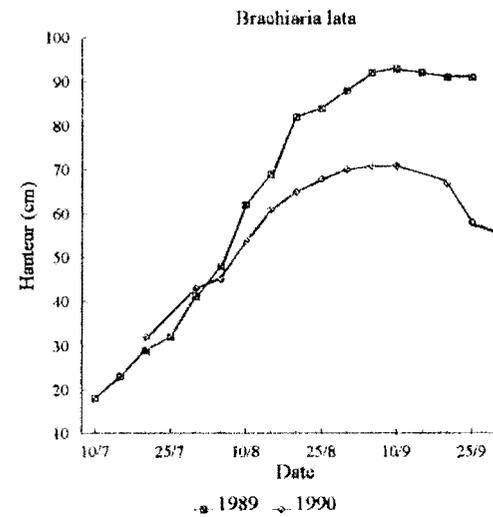
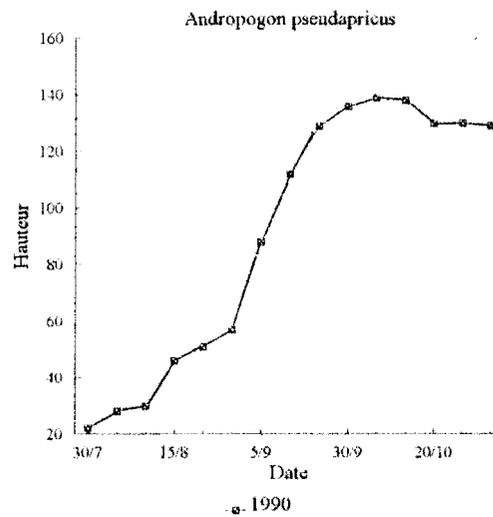
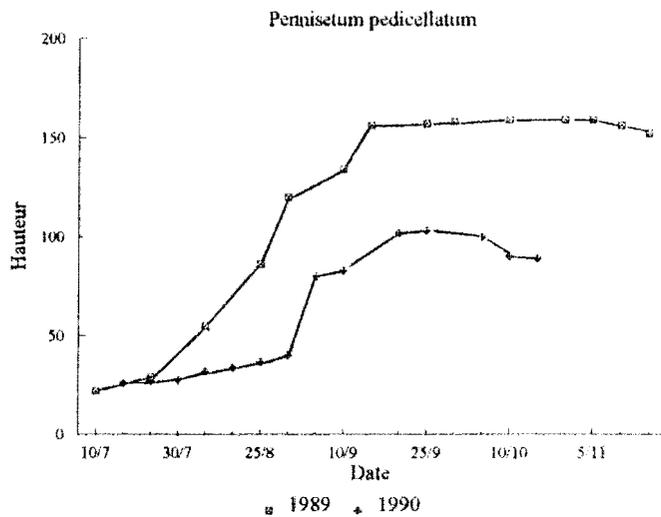
Le tallage est un phénomène continu quoique la vitesse de formation des talles diminue ou cesse au moment de l'élongation des tiges et de la floraison chez l'ensemble des graminées. La vitesse maximale elle, précède la phase active de la production de la plante. C'est ainsi que chez *A. gayanus* par exemple, peu de talles sont produites après le 2ème mois de pluies, et les dernières à être formées contribueront peu à la production finale de graines, et mourront à la floraison.

Le nombre maximum de talles produit par les plantes est lui aussi fonction de l'espèce, important avec les pérennes et particulièrement élevé chez *A. gayanus*; il a été de : 5.9; 8.8; 4.6; 47.6 et 112 respectivement chez *B.lata*, *P. pedicellatum*, *A. pseudapricus*, *P. anabptistum* et *A. gayanus* en 1989.

Le nombre maximum de talles, quelle que soit la plante, est atteint à l'épiaison, généralement en début de ce stade, sauf pour *Brachiaria lata*, *Pennisetum pedicellatum* et *Andropogon gayanus* en 1990 où dès le stade tallage, une régression progressive est constatée.

On enregistre ainsi une variabilité inter-annuelle du nombre maximum de talles, variant comme la pluviométrie, et particulièrement marqué chez les pérennes. Les valeurs de 1990 sont de 4 et 2.5 fois inférieures respectivement chez *P. anabaptitum* et *A. gayanus*.

Figure IV-2 : Evolution en hauteur (cm) des graminées.



Toutes les talles produites meurent dans l'année de leur formation quelle que soit la graminée. Chez les pérennes le remplacement progressif de celles de première génération par de nouvelles talles au cours d'un second cycle de végétation est souvent vite limité et interrompu par les conditions drastiques du milieu telles que les réserves en eau trop limitées du sol.

Ces talles de deuxième cycle ne dépassent guère le stade végétatif. Au cours des 3 années de suivi, aucune d'elles n'a amorcé une montaison. Elles se maintiennent plus ou moins longtemps à l'état vert et meurent toujours entre novembre et janvier.

La précocité du démarrage du cycle des pérennes et l'existence chez ces espèces d'un 2ème cycle de végétation même très court, constituent un avantage de ces espèces poussant sur les pâturages soudaniens. En effet, elles mettent ainsi à la disposition des animaux avant l'installation des pluies et à la fin de celles-ci du fourrage vert à un moment où tout ou partie du tapis herbacé constitué par les annuelles est réduit à l'état de paille.

II- HAUTEUR DES PLANTES

La croissance en hauteur des espèces a été mesurée au cours des cycles de 1989 et 1990 une première fois parallèlement avec leur phénologie et une seconde fois lors de l'évaluation de la biomasse. La figure IV-2 visualise la croissance en hauteur mesurée lors des relevés phénologiques. Le léger décalage constaté en début d'observation (valeurs de 1990 plus élevées) est imputable à une variation de la pluviométrie.

L'allure générale de la courbe de croissance en hauteur en fonction du temps est similaire quelle que soit l'espèce végétale. Trois phases d'évolution nettes s'y distinguent. Elles sont reliées aux différents stades phénologiques des espèces.

- La première phase de croissance en hauteur est assez lente. Elle englobe le stade tallage au cours duquel la taille de la plante augmente peu en hauteur. Les vitesses de

Tableau IV-2 : Relations entre biomasse (B en kg MS/ha), biomasse maximale (Bm en kg MS/ha), hauteur de la plante (H en cm) pluviométrie totale (PT en mm) et cumul pluviométrique (CP en mm).

Espèces	Années	n	Equations	signification p<0,05	ETR	r
Biomasse et hauteur						
<i>P. pedicellatum</i>	1988 à 1990	29	$B = \exp(6,209 + 0,016 H)$	S	0,282	0,935
<i>A. pseudapricus</i>	1990	9	$\exp(5,467 + 0,017 H)$	S	0,243	0,971
<i>B. lata</i>	1989	9	$833 + 33,88 H$	S	718	0,840
<i>P. anabaptistum</i>	1989 et 1990	23	$\exp(6,154 + 0,13 H)$	S		0,946
Biomasse et cumul pluviométrique						
<i>P. pedicellatum</i>	1988 à 1990	29	$B = -2295 + 9,88 CP$	S	1264	0,82
<i>P. anabaptistum</i>	1989 à 1990	23	$-2237 + 8,01 CP$	NS	1558	0,70
<i>A. gayanus</i>	1989 et 1990	20	$-1094 + 6,42 CP$	S	655	0,89
Biomasse maximale et pluviométrie totale						
<i>P. pedicellatum</i>	1987 à 1990		$Bm = -8509 + 21,05 PT$	S	2267	0,74
<i>A. gayanus</i>	1987 à 1990		$-2426 + 10,34 PT$	NS	1113	0,74
<i>Loudetia et A. pseudapricus</i>	1984 à 1988		$-1906 + 8,105 PT$	S	561	0,80
<i>Setaria et A. pseudapricus</i>	1984 à 1988		$-1701 + 8,64 PT$	S	233	0,96
Hauteur et cumul pluviométrique						
<i>P. pedicellatum</i>	1988 à 1990		$H = -28,13 + 0,232 CP$	S	19	0,92
<i>A. gayanus</i>	1989 et 1990		$-7,62 + 0,341 CP$	S	35	0,88
<i>P. anabaptistum</i>	1989 et 1990		$39,49 + 0,164 CP$	S	23	0,78

croissance sont de 0.9; 0.5; 1.5 et 1.1 cm/jour pour respectivement *B. lata*, *P. pedicellatum*, *P. anabaptistum* et *A. gayanus* en 1989 et 1.0cm /jour pour *A. pseudapricus* en 1990.

- La deuxième phase de croissance est beaucoup plus rapide. Elle débute pour toutes les espèces avec le stade phénologique de la montaison. C'est au cours de cette phase que la vitesse de croissance maximale est enregistrée. Elle peut atteindre dans un intervalle de 15 jours correspondant à la fréquence des mesures jusqu'à 2.8; 4.5; 4.4; 3.5 et 3.4 cm/jour respectivement pour les mêmes espèces que précédemment. La hauteur maximale de la plante est par la suite atteinte entre le début de l'épiaison et celui de la maturation des graines.

- Au cours de la troisième phase une vitesse de croissance nulle est d'abord enregistrée. La hauteur maximale est maintenue plus ou moins longtemps au cours des stades phénologiques de floraison et/ou fructification et/ou maturation selon l'espèce. A la suite de quoi, la diminution de hauteur survient du fait de la dissémination des graines et de la chute des inflorescences. La sénescence de la plante est consécutive à la dissémination des diaspores.

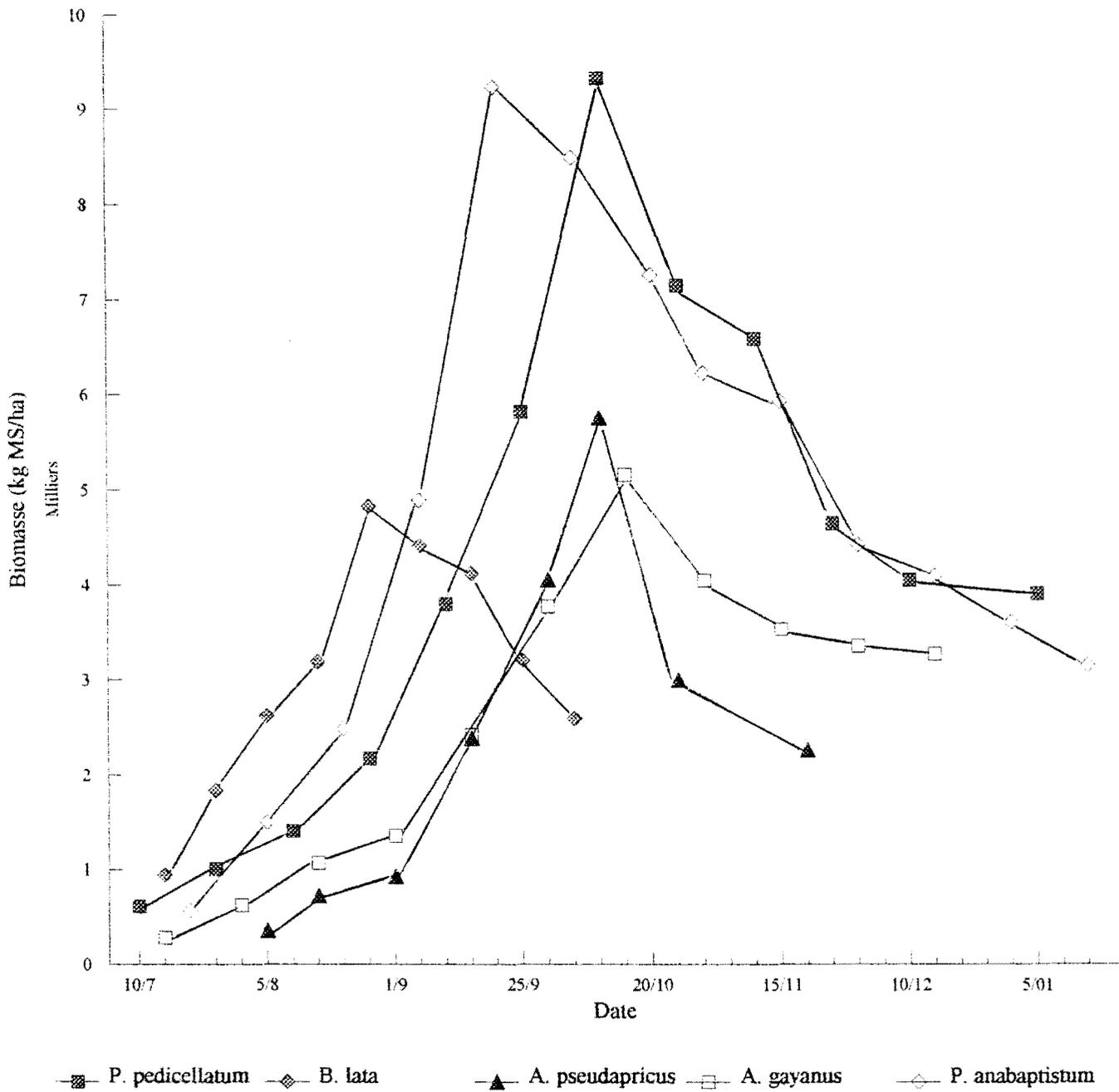
Comparées aux graminées annuelles, les pérennes sont de taille supérieure. Les hauteurs maximales, toutes années confondues, s'échelonnent entre 71 et 159 cm pour les annuelles et entre 148 et 317 cm pour les pérennes.

Si la pluviométrie totale de l'année n'a presque pas d'effet sur la croissance en hauteur des pérennes, elle semble cependant influencer de façon plus notable celle des annuelles : *P. pedicellatum* pendant tout le cycle et *B. lata* au delà de l'épiaison (figure IV-2).

Ce constat est confirmé par une meilleure relation chez les annuelles entre la hauteur à un temps t donné et le cumul pluviométrique de ce temps t (tableau IV-2).

La grande taille des pérennes, supérieure à 1.5m pour *Panicum anabaptistum* et pouvant atteindre plus de 3m pour *Andropogon gayanus*, constitue une gêne à leur exploitation sur pied par le bétail, surtout par les petits ruminants.

Figure IV-3 : Evolution de la biomasse des espèces en 1989 (sauf A. pseudapricus en 1990).



III- PRODUCTION DES ESPECES ET DES TYPES DE PATURAGES

L'étude de la productivité de la strate herbacées des pâturages naturels de la zone d'étude a été effectuée par approches successives.

Dans un premier temps, il s'est agi de déterminer la biomasse de 5 espèces graminéennes dominantes de ces pâturages et se retrouvant en peuplement quasi monospécifique sur des aires étendues. Cette mesure d'évolution de la biomasse en fonction du temps a été répétée pendant au maximum 3 années consécutives 1988 à 1990 sur le même site. Ces mêmes zones avaient fait l'objet d'une étude préliminaire en 1987.

Dans une seconde étape, sur des pâturages intégrant ces espèces dans des proportions plus faibles que précédemment (qui seront précisées dans le volet composition floristique), le pâturage est analysé dans sa globalité. A ce niveau, par souci de pouvoir mieux apprécier par la suite la valeur nutritive de ces formations, une distinction est faite entre espèces appréciées et non appréciées d'une part et au sein des appréciées entre légumineuses et les autres familles végétales qui sont regroupées sous le vocable de graminées, dans la mesure où les espèces non graminéennes non appréciées sont très faibles du point de vue contribution spécifique.

1- Evolution de la biomasse

Les courbes d'évolution de la biomasse des espèces en peuplement pur où en mélange dans le pâturage ont toutes des allures similaires (figure IV-3 et IV-4). Elles se caractérisent par deux phases bien distinctes :

Avec l'arrivée de la saison des pluies et la reprise de la végétation on a une phase ascendante correspondant à une production de plus en plus intense et rapide de matière sèche, conduisant à l'obtention d'une production maximale de matière sèche par hectare.

Il lui succède une phase beaucoup plus lente de décroissance jusqu'à l'arrêt du cycle de végétation.

1.1- Brachiaria lata

La production de *B.lata* s'accroît à une vitesse de plus en plus rapide : en moyenne de 9.68g MS/m²/jour et de 16.35g MS/m²/jour au cours des 10 jours précédents la production maximale atteinte à la maturation des graines. Par la suite, la chute progressive de la production s'amorce et une réduction de 44% est enregistrée à la fin du cycle de l'espèce.

1.2- Pennisetum pedicellatum

C'est entre la fructification et la maturation des graines que la production de *P. pedicellatum* est à son apogée : entre 3850 et 9305 kg MS/ha selon l'année avec une vitesse d'accroissement moyenne variant entre 4.1 et 9.9 g MS/m²/jour. La biomasse de cette espèce diminue très rapidement par la suite et un mois après avoir atteint son maximum, il n'en reste plus que 60, 42 et 43 p.100 respectivement en 1988, 1989 et 1990.

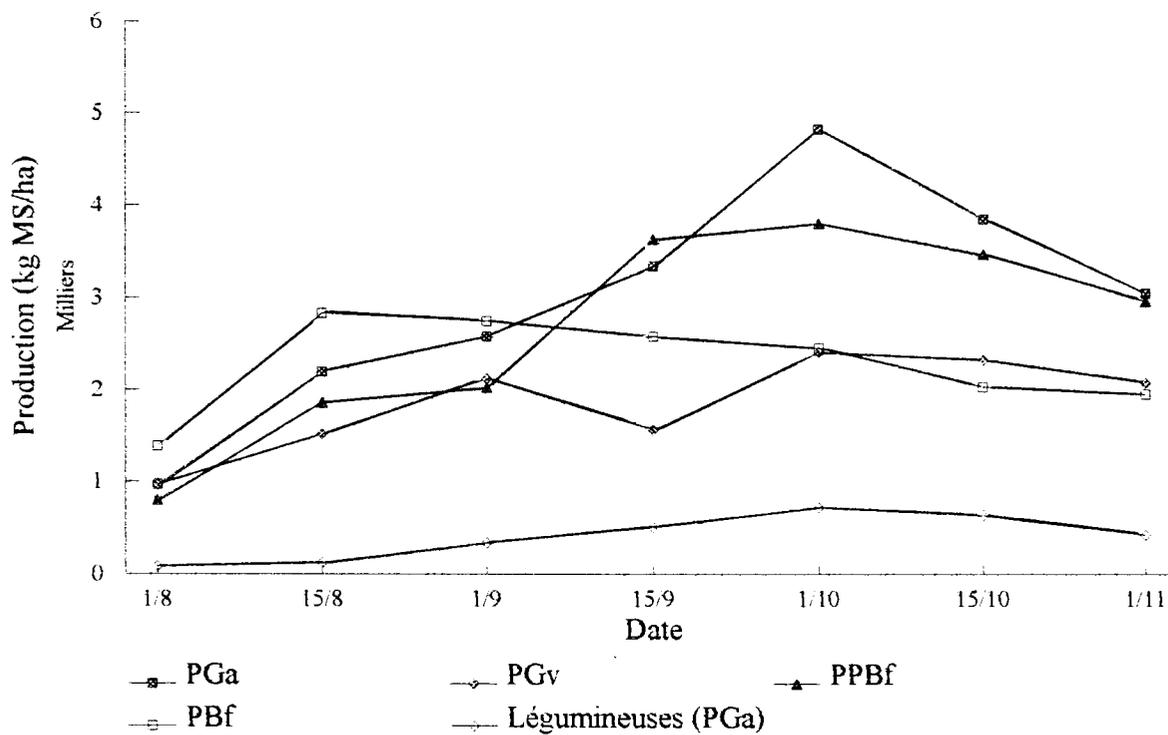
1.3- Andropogon pseudapricus

La levée de *A. pseudapricus* est plus lente que celle des autres espèces ce qui explique que sa production en début de cycle ne soit évaluée qu'à partir du début du mois d'août. Au bout de 75 jours, avec un accroissement moyen de 7.2 g MS/m²/jour, la production maximale atteint 5745 Kg MS/ha quand l'espèce commence la dissémination de ses graines. La fin du cycle intervient avec une réduction de biomasse de 61 p.100 au bout de 37 jours.

1.4- Panicum anabaptistum

La phase de production croissante de matière sèche de *P. anabaptistum* se poursuit jusqu'à la dissémination des graines. La biomasse maximale enregistrée est respectivement de 9215 et 4665 kg MS/ha en 1989 et 1990 car l'accroissement de biomasse en 1989 (14.9 g/m²/j) est plus de 4 fois supérieure à celle (3.4g MS/m²/j) de 1990.

Figure IV-4 : Production (kg MS/ha) des différentes zones de pâturage.



La réduction de biomasse est équivalente au bout d'un mois. Il reste 79 et 76 p.100 de la valeur maximale en 1989 et 1990.

A la mi-janvier de 1990, 3 mois après la fin des pluies, la biomasse de *P. anabaptistum* est encore élevée : 3.1 t MS/ha. Elle résulterait en fait plus de la production des talles du 2ème cycle que du reliquat de production du 1er cycle.

1.5- *Andropogon gayanus*

Chez *A. gayanus* l'accroissement moyen de biomasse respectivement de 7.0; 5.4 et 3.5 g MS/m²/j conduit à des valeurs maximales de production de 5910, 5145 et 3115 Kg MS/ha en 1988, 1989 et 1990. Ces dernières sont enregistrées à des stades phénologiques différents correspondant respectivement au début des phases fructification, floraison et épiaison.

A la fin du cycle la biomasse résiduelle est encore importante, et à la mi-décembre en 1989 le pâturage à *Andropogon gayanus* fournit encore 3255 Kg MS/ha.

1.6- Différents types de pâturage

1.6.1- Graminées

les courbes d'évolution de la biomasse du pâturage de bas-fond et celui du plateau à vivaces sont beaucoup moins régulières que les autres (figure IV-4).

Le pâturage de bas-fond atteint curieusement dans un délai très bref sa production maximale. *P. anabaptistum*, espèce dominante de la zone n'est alors qu'au stade phénologique de montaison.

Le pâturage de plateau à annuelles se différencie rapidement des deux autres formations par sa vitesse de croissance plus rapide : en moyenne 6.4 g MS/m²/j contre 2.4 et 4.9 g MS/m²/j respectivement pour le pâturage à vivace et celui intermédiaire entre plateau et bas-fond.

A la biomasse maximale, l'espèce dominante de chacune des formations est à la fructification pour les pâturages dont l'espèce dominante est une annuelle et à l'épiaison pour le cas où c'est une vivace.

Tableau IV-3 : Biomasses maximales (kg MS/ha) et capacités de charge (UBT/ha/période d'utilisation) des espèces et types de pâturages.

Espèces		Ag	Pp	Pa	Bl	Ap	PGa	PGv	PPBf	PBf
Biomasses Maximales	1987	3400	3230		3005					
	1988	5900	5135							
	1989	5145	9305	9215	4810					
	1990	3115	3850	4665		5745	4805	2400	3790	2445
Capacités de charge		0,7-1,3	0,7-2,0	1,0-2,0	2,0-3,2	3,9	1,1	0,5	0,8	0,5
Période d'utilisation		A	A	A	SP	SP	A	A	A	A

Ag *A. gayanus*

Pp *P. pedicellatum*

Pa *P. anabaptistum*

Bl *B. lata*

Pa *P. anabaptistum*

PGa : pâturage à dominante de graminées annuelles

PGv : pâturage à dominante de graminées vivaces

PPBf : pâturage intermédiaire entre le plateau et le Bas-fond

PBf : pâturage de bas-fond

1.6.2- Légumineuses

Les légumineuses sont presque inexistantes dans la zone de bas-fond et leurs valeurs maximales de production sont inférieures à 200 kg MS/ha sauf sur le pâturage à dominante de graminées annuelles où elles atteignent 715 Kg MS/ha.

La biomasse appréciée des 4 formations correspond donc surtout à celle des productions graminéennes.

Pourtant en système de libre pâture, on constate que les légumineuses sont activement recherchées par les animaux et ce d'autant plus que l'on avance dans la saison sèche.

2- Biomasses maximales

Le tableau IV-3 donne les valeurs de production maximale enregistrées sur les pâturages de Gampéla de 1987 à 1990.

Pour les 5 graminées, les biomasses maximales ont variées de 3115 Kg MS/ha pour *A. gayanus* en 1990 à 9305 Kg MS/ha pour *P. pedicellatum* en 1989.

De l'examen des productions maximales de MS se dégage une supériorité de *P. anabaptistum* (pérenne) par rapport aux autres graminées. On peut penser qu'un déficit hydrique n'ait pas limité le développement de la plante (du moins jusqu'à l'épiaison), l'espèce évoluant dans une zone de bas-fond à inondation temporaire.

La supériorité de *A. gayanus* sur les espèces présentes avec lui sur les mêmes pâturages, souvent remarquée par divers auteurs, est confirmée dans notre cas avec *P. pedicellatum* au cours des deux premières années d'exploitation (1987 et 1988). Par la suite, sa production baisse faisant qu'au total sur les 4 années consécutives (1987 à 1990) la production maximale moyenne de *P. pedicellatum* lui est supérieure.

La sensibilité de *A. gayanus* à l'exploitation pourrait être évoquée comme une des causes de la réduction continue de production au fil des années. Le phénomène intervient encore même lors d'une année de pluviométrie favorable comme 1989.

La production du pâturage de bas-fond, loin de toute attente, est identique à celle du pâturage à dominante de *A. gayanus* et est plus faible que celle des zones à dominante de graminées annuelles.

Avec les valeurs de productions maximales, on perçoit une différence liée à l'espèce végétale où au type de pâturage.

3- Facteurs de variation de la production

Le cycle de développement d'une espèce, ses potentialités de production font intervenir ses caractères génétiques et aussi les facteurs du milieu. De ce fait, l'espèce végétale, où la composition floristique d'un pâturage, de même que le type de sol sur lequel évoluent les espèces, sont autant de facteurs de variation de la biomasse.

3.1- Variations inter-faciès

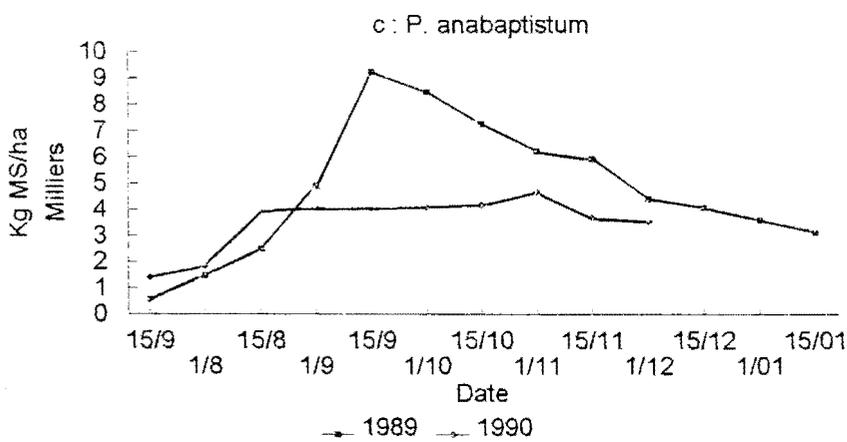
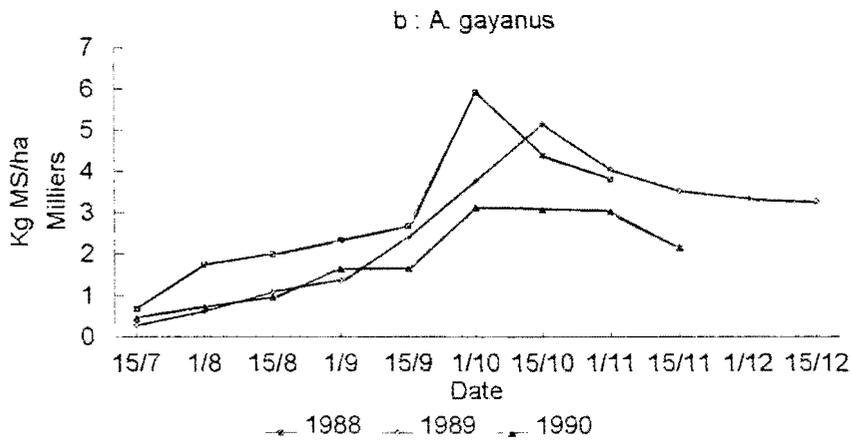
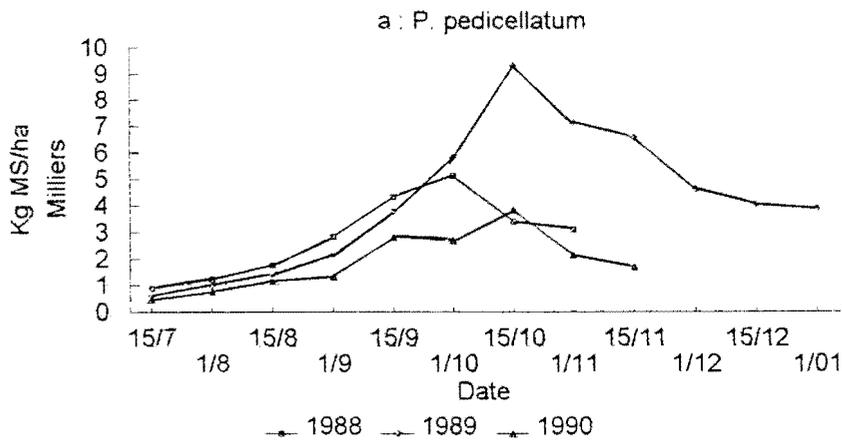
3.1.1- Variation en fonction de l'espèce ou de la composition floristique

La comparaison des courbes d'évolution de la biomasse du pâturage de la zone de plateau dont une partie est à dominante de graminées annuelles et l'autre à dominante de graminées vivaces, fait bien percevoir une différence de production liée à la composition floristique (figure IV-4). Cette variabilité est en effet la résultante de celles liées aux espèces végétales. C'est ainsi que *A. gayanus* et *P. pedicellatum* évoluant sur les mêmes types de sol et étant soumis aux mêmes conditions climatiques ont toujours produits des quantités de MS/ha non équivalentes quelle que soit la période de leur cycle de 1987 à 1990.

3.1.2- Variation en fonction du type de sol

Sur les pâturages de plateau, celui de bas-fond ou encore celui en position topographique intermédiaire entre les deux formations, tous caractérisés par des types de sol particuliers (voir description au chapitre matériel et méthode), des productions inégales sont toujours enregistrées. Les valeurs maximales s'échelonnent entre 2400 et 4805 Kg MS/ha.

Figure IV-5 : Variation interannuelle de la biomasse (a) de P. pedicellatum (b) de A. gayanus et (c) de P. anabaptistum.



Même sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés, indurés, qui sont peu profonds dans le cas du pâturage à dominante de graminées annuelles et des sols qui sont par contre profonds dans le cas des pâturages en position intermédiaires, une différence de production maximale d'environ 1 t MS/ha est enregistrée entre ces 2 formations. L'effet de la composition floristique précédemment signalée a certes une influence, mais elle est sans doute tamponnée par la similitude floristique de ces formations. Elles renferment de nombreuses espèces communes dont la contribution spécifique totale s'élève à 78 et 67 p.100 respectivement (cf composition floristique).

3.2- Variation inter-annuelle de la production

Les figures IV-5 a, b et c d'évolution de la biomasse de *P. pedicellatum*, *A. gayanus* et *P. anabaptistum* au cours des différentes années d'étude montrent des productions de MS qui varient à chaque étape du cycle de production d'une année à l'autre en dépit de leurs allures générales similaires. Les fluctuations assez réduites au cours des stades du tallage et de la montaison s'accroissent continuellement à partir du début de l'épiaison pour être maximales quand la plante arrive à son apogée de production.

En ce qui concerne la biomasse maximale, celle de *P. pedicellatum* est en 1989, 2.9; 1.8 et 2.4 fois supérieure à celle de 1987, 1988 et 1990 respectivement. Celle d' *A. gayanus* en 1988 est sensiblement égale à celle de 1989 mais par contre supérieur de 1.7 fois et 1.9 fois à celles de 1987 et 1990.

La biomasse maximale de *P. anabaptistum* en 1989 est double de celle de 1990.

Quelle que soit l'espèce végétale, on note une importante variabilité inter-annuelle de la production et d'une façon générale les années de fortes pluviométries engendrent des productions importantes sur les pâturages.

4- Prédiction de la biomasse

La mesure de la production des pâturages est une opération longue et fastidieuse. La méthode de la récolte intégrale adoptée à de plus l'inconvénient d'être destructive

Tableau IV-4 : Biomasse (kg MS/ha) par strate de *Andropogon gayanus* en 1988 (a) et 1989 (b).

a : 1988

Strates	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Dates							
19/7	386	230	41				
2/8	675	675	355	35			
17/8	545	815	455	170			
1/9	570	735	560	360	110		
16/9	530	645	625	455	295	130	
3/10	1000	1280	1035	965	780	490	370
19/10	765	830	795	750	515	395	320
3/11	720	770	550	620	435	375	315

b : 1989

Strates	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Dates							
14/7	280						
29/7	535	90					
13/8	685	320	65				
28/8	720	470	145	15			
12/9	965	690	545	195	25		
27/9	1110	985	720	390	305	205	45
12/10	1330	1165	940	610	475	460	160
27/10	1280	910	665	465	370	240	105
11/11	1170	900	605	385	275	165	20
26/11	1110	835	580	350	255	145	60
11/12	1070	800	560	350	275	170	30

puisque à chaque date de prélèvement 10 à 20 carrés de 1m² selon l'hétérogénéité du pâturage sont récoltés.

On a donc cherché à relier la biomasse produite à des critères simples, plus faciles à mesurer. C'est dans ce cadre que les corrélations sont recherchées par espèce avec la hauteur des plantes (tableau IV-2).

Par ailleurs, le degré d'implication de la pluviométrie dans la production maximale de l'espèce est recherché à partir des données de *A. gayanus* et *P.pedicellatum* (1987 à 1990). Nous avons aussi utilisé celles obtenues par Tiendrébéogo (1989) sur deux formations de pâturage naturel de Gampéla : l'une à dominance de *Loudetia* et *A.pseudapricus* et l'autre à dominance de *Setaria* et *A. psedapricus* de 1984 à 1988.

La corrélation, toujours significative dans le cas de la hauteur, l'est aussi avec la pluviométrie totale (sauf chez *A. gayanus*) Cependant, l'écart type résiduel souvent très élevé n'autorise pas l'utilisation de telles équations (tableau IV-2).

IV- STRATIFICATION DE LA BIOMASSE CHEZ *ANDROPOGON GAYANUS*

Le tableau IV-4 a et b donne la répartition de la biomasse par strate de *A. gayanus* en 1988 et 1989.

La distribution de la production n'est pas homogène le long de la plante. Les strates basses sont les plus fournies et l'évolution au niveau des différentes strates suit celle générale de la plante entière avec une augmentation de matière sèche de chacune des strates jusqu'à la biomasse maximale de la plante, puis une régression par la suite. Le phénomène est beaucoup plus net en 1989 que 1988. La réduction de biomasse de la plante entière à partir de la mi-octobre est aussi la résultante de toutes les strates. La strate 1, la plus basse, est cependant moins affectée et après la fructification les strates supérieures sont les plus touchées suite à la dissémination des graines mûres, au dessèchement et à la cassure des inflorescences.

Au cours du tallage, l'essentiel de la biomasse (plus de 50%) se retrouve dans la première strate. Cette supériorité est d'ailleurs conservée sur tout le cycle en 1989, alors que dès la montaison en 1988 elle passe à la strate 2. En fait, tout au long du cycle, les

Tableau IV-5 : Repousses en hauteur (cm) de *A. gayanus* en fonction de la date de coupe en 1988 (a), 1989 (b) et 1990 (c).

a : 1988

Date de coupe	19/7	2/8	17/8	1/9	16/9	3/10	19/10
Date d'évaluation 4/12/1988	198	157	129	98	69	48	18

b : 1989

Date de coupe	14/7	29/7	13/8	28/8	12/9	27/9	12/10	27/10
Date d'évaluation 27/7	47							
13/8	75	44						
28/8	112	67	43					
12/9	157	91	60	74				
27/9	257	127	95	99	71			
12/10	271	159	110	115	78	60		
27/10	276	166	125	121	90	73	55	
11/11	273	171	137	134	94	76	59	44
19/11	271	207	154	121	70	67	57	46

c : 1990

Date de coupe	16/7	30/7	13/8	27/8	10/9	24/9	8/10
Date d'évaluation 30/7	40						
6/8	44	32					
13/8	55	47					
20/8	65	51	46				
3/9	70	56	62	45			
10/9	75	66	68	59			
17/9	80	72	61	68	38		
20/9	84	80	95	87	54		
1/10	78	77	96	92	55	35	
8/10	77	96	108	123	51	45	
15/10	76	78	102	93	49	38	26
22/10	75	94	119	118	44	45	30

deux premières strates qui sont les plus accessibles aux animaux renferment le maximum de production.

L'étude de la stratification de la biomasse de *A. gayanus* vise un objectif bien spécifique d'exploitation. En principe, la stratification devrait fournir un fourrage de meilleure qualité qui sera montré lors de l'étude de la composition chimique des fractions.

V - EVALUATION DES REPOUSSES DE *ANDROPOGON GAYANUS*

Andropogon gayanus fait partie de ces quelques espèces pérennes qui produisent des repousses en pleine saison sèche pour peu que les conditions du milieu s'y prêtent. Le reverdissement de l'espèce survient généralement après le passage des traditionnels feux de brousses allumés entre novembre et février.

La capacité de l'espèce à fournir des repousses en fonction de sa date d'exploitation au 1er cycle, et à les garder jusqu'en pleine saison sèche est testée à la date du 4/12 en 1988; 19/11 en 1989 et 1990 pour des coupes du 1er cycle s'étalant sur tout le cycle végétatif de ces années.

Comme pour l'espèce non exploitée au 1er cycle, il existe une variabilité inter-annuelle de la hauteur des repousses, qui reste cependant toujours plus faible que celle de l'espèce non exploitée au 1er cycle.

A. gayanus fournit des repousses d'autant plus hautes que son exploitation survient plus précocement au cours du cycle de végétation. Aussi, toute exploitation au delà de la période d'avènement de la biomasse maximale se solde par des repousses de très petite taille, et après la mi-octobre en 1988 et 1990 les capacités de repousses en hauteur de la plante sont nulles (tableau IV-5).

Quelle que soit la date de coupe, la croissance en hauteur des repousses s'arrête à la floraison. Nous avons constaté que les repousses étaient constituées d'individus à des

stades phénologiques différents, fait qui exprime une limitation des nutriments dans un système de prairie fauchée recevant peu ou pas d'engrais.

La capacité de *A. gayanus* à produire de la MS par les repousses est mise en évidence au tableau IV-6 ; elle est d'autant plus faible que les coupes sont pratiquées après le mois de juillet c'est-à-dire à partir du moment où l'espèce entame la montaison.

Même si une exploitation précoce (juillet) à l'avantage de fournir des repousses importantes, l'avantage sur le plan production totale de matière sèche ne se justifie pas par rapport à une coupe pratiquée très tard en mi-novembre. La justification pourrait peut être se trouver dans la valeur nutritive du fourrage produit notamment la production totale de MAT à l'ha.

Au cas où la confirmation de la valeur nutritive justifierait une coupe précoce, il restera encore à juger de la faisabilité de cette coupe, en tenant compte des conditions climatiques, notamment la fréquence des pluies de ces périodes, qui pourrait entraver la réalisation de réserves fourragères.

VI- CAPACITE DE CHARGE

Deux périodes d'utilisation (saison des pluies et toute l'année) sont retenues pour le calcul de la capacité de charge. Leur choix s'inspire des périodes effectives d'utilisation des différentes espèces ou types de pâturages par les ruminants domestiques au cours de l'année. Ces périodes sont déterminées suite à des observations de terrains, et aux dires des bergers.

B. lata, du fait qu'il est très recherché par toutes les catégories de ruminants et de par son cycle végétatif court est totalement absent des formations végétales de saison sèche.

A. pseudapricus en saison sèche subsiste sous la forme de longues tiges dressée, lignifiées et peu pourvues de feuilles. Cette espèce perd alors toute attraction pour les animaux et se trouve totalement délaissée.

Pour ces raisons, l'expression de leur capacité de charge par rapport à la seule saison des pluies nous paraît plus indiquée.

Dans tous les autres cas, la période d'utilisation couvre l'année bien que le comportement des animaux par leur degré de pâture est loin d'être homogène à travers les saisons.

Dans un système de libre pâture, où selon Boudet (1975), la production potentielle consommée ne peut excéder 50% de la production totale, on se rend compte que les différents pâturages peuvent supporter toute l'année au mieux une charge de 2 UBT/ha lors des années de bonne pluviométrie dans les formations à *P. anabaptistum* et *P. pedicellatum*. En situation fourragère défavorable, il faudrait descendre jusqu'à 0.5 UBT/ha au niveau des zones à graminées vivaces pour ne pas risquer de compromettre les productions ultérieures (tableau IV-3).

Ces valeurs de capacité de charge sont, il est vrai, critiquables sur deux points essentiels :

- Elles sur-estiment la capacité de charge des parcours puisqu'elles n'intègrent à aucun moment la notion de composition chimique (notamment la teneur en MAT) ou de digestibilité, critères qui évoluent avec l'âge des fourrages. Une grande partie de la biomasse risque en effet de ne pas être utilisée à cause de sa trop faible qualité.

- Elles sous-estiment par ailleurs les charges réelles des parcours, du fait qu'elles ne prennent en compte que le tapis herbacé, alors que la production des ligneux est largement reconnue constituer un appoint quantitatif et qualitatif surtout en saison sèche. On estime par exemple qu'au sahel, sans l'intervention des bergers, 25% de feuilles et rameaux des ligneux peuvent être consommés. Ce pourcentage baisse aux environs de 15% en zone de savane (de Ridder, 1991).

Tableau IV-7 : Composition floristique du pâturage

a: pâturage à dominante de graminées annuelles (PGa).

ESPECES	FS	FC (%)	CS (%)	Fb	Ap
<u>Graminées</u>					
<i>Andropogon fastigiatus</i>	109	54,5	14,69	Ga	A
<i>Andropogon gayanus</i>	82	41	11,05	Gv	TA
<i>Andropogon pseudrapricus</i>	87	43,5	11,73	Ga	A
<i>Brachiaria lata</i>	2	1	0,27	Ga	TA
<i>Ctenium elegans</i>	2	1	0,27	Ga	PA
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	1	0,5	0,13	Gv	PA
<i>Elionurus elegans</i>	10	5	1,35	Ga	PA
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	108	54	14,56	Ga	A
<i>Schizachyrium exile</i>	102	51	13,75	Ga	A
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	1	0,5	0,13	Ga	A
<i>Setaria pallide-fusca</i>	21	10,5	2,83	Ga	PA
<u>Légumineuses</u>					
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	80	40	10,78	La	TA
<i>Cassia nigricans</i>	2	1	0,27	La	PA
<i>Cassia tora</i>	5	2,5	0,67	La	A
<i>Crotalaria goreensis</i>	21	10,5	2,83	La	NA
<i>Indigofera secundiflora</i>	17	8,5	2,29	La	NA
<i>Indigofera colutea</i>	2	1	0,27	La	NA
<i>Tephrosia bracteolata</i>	17	8,5	2,29	La	PA
<i>Zornia glochidiata</i>	38	19	5,12	La	TA
<u>Autres</u>					
<i>Borreria radiata</i>	18	9	2,43	Ha	A
<i>Borreria stachydea</i>	9	4,5	1,21	Ha	A
<i>Curculigo pilosa</i>	1	0,5	0,13	Ha	NA

FS : Fréquence spécifique : FC : Fréquence centésimale: CS : Contribution spécifique.

Fb : Forme biologique (G : graminées; L : légumineuses; H : autres; a : annuelles; v : vivaces)

Ap : Appétibilité (TA : très appété; A : appété; PA : peu appété; NA : non appété).

VII - COMPOSITION FLORISTIQUE

En zone tropicale, la pluviométrie, particulièrement par la durée de la saison sèche, détermine principalement la distribution des espèces en fonction de la longueur de leur cycle végétatif. Sur un parcours, la pluviométrie concoure à une variation de la contribution spécifique des espèces, qui est susceptible par ailleurs d'être influencée par le mode d'exploitation : coupe ou pâture (César 1982).

Les résultats floristiques détaillés pour l'année 1991 figurent dans le tableau IV-7 a,b,c,et d . Les espèces y ont été regroupées par famille : graminées, légumineuses et autres. Il y est aussi indiqué leur forme biologique (annuelles ou pérennes) et leur degré d'appétibilité.

Ces relevés sont pratiqués sur 4 lignes de 50m et correspondent à 200 points; l'intervalle de confiance (IC) a varié de 0.3 à 0.5.

La diversité des espèces végétales du tapis herbacé est une caractéristique des formations soudaniennes. Par type de formation on dénombre entre 28 et 42 espèces. Les graminées dominant largement la strate herbacée. Elles représentent entre 73 et 88 p.100 de la masse vivante. Le deuxième groupe, celui des légumineuses est peu important en nombre d'espèces (7), et les autres sont représentées par peu d'espèces et d'individus.

La pauvreté des pâturages en légumineuse est une autre caractéristique de la zone soudanienne. Seulement 6 espèces appréciées sont recensées. Les légumineuses constituent 18% de l'ensemble des espèces dans le PGa et sont quasiment inexistantes dans celui de bas-fond (3%).

Cette présence limitée des légumineuses conduit à des valeurs de leur production de MS/ha qui sont au plus de l'ordre du 1/5 de celles des graminées. C'est ce qui explique qu'elles n'aient été étudiées qu'une seule années au cours de ce travail.

A partir des différentes compositions floristiques se dégage une appréhension de la valeur des aires pâturées de la zone.

b: pâturage à dominante de graminées vivaces (PGv)

ESPECES	FS	FC (%)	CS (%)	Fb	Ap
<u>Graminées</u>					
<i>Andropogon fastigiatus</i>	6	3	1,56	Ga	A
<i>Andropogon gayanus</i>	179	89,5	46,61	Gv	TA
<i>Andropogon pseudrapricus</i>	38	19	9,9	Ga	A
<i>Brachiaria distichophylla</i>	2	1	0,52	Ga	PA
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	68	34	17,71	Gv	PA
<i>Digitaria horizontalis</i>	5	2,5	1,30	Ga	A
<i>Eliomirus elegans</i>	1	0,5	0,26	Ga	PA
<i>Hackelochloa granularis</i>	1	0,5	0,26	Ga	TA
<i>Loudetia togoensis</i>	8	4	2,08	Ga	PA
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	4	2	1,04	Ga	A
<i>Schizachyrium exile</i>	19	9,5	4,95	Ga	A
<i>Sporobolus festivus</i>	5	2,5	1,30	Gv	PA
<i>Tripogon minimus</i>	3	1,5	0,78	Ga	NA
<u>Légumineuses</u>					
<i>Indigofera colutea</i>	2	1	0,52	La	NA
<i>Stylosanthes erecta</i>	11	5,5	2,86	Lv	A
<i>Thephrosia bracteolata</i>	3	1,5	0,78	La	PA
<i>Zornia glochidiata</i>	11	5,5	2,86	La	TA
<u>Autres</u>					
<i>Cyanotis lanata</i>	9	4,5	2,34	Ca	TA
<i>Chrysantellum americanum</i>	1	0,5	0,26	Ha	NA
<i>Evolvulus alsinoides</i>	3	1,5	0,78	Ha	A
<i>Euphorbia polycnemoides</i>	1	0,5	0,26	Ha	A
<i>Melanthera elliptica</i>	1	0,5	0,26	Ha	NA
<i>Pandiaka heudelotii</i>	1	0,5	0,26	Ha	NA
<i>Polygala multiflora</i>	1	0,5	0,26	Ha	NA
<i>Stylochyton hypogaeus</i>	1	0,5	0,26	Hv	PA
<u>Extension</u>					
<i>Blepharis linariifolia</i>					
<i>Borreria radiata</i>					
<i>Cissus adenocaulis</i>					
<i>Lantana rhodesiensis</i>					
<i>Lippia chevalieri</i>					
<i>Setaria pallide-fusca</i>					

d : pâturage intermédiaire entre plateau et bas-fond (PPBf)

ESPECES	FS	FC (%)	CS (%)	Fb	Ap
<u>Graminées</u>					
<i>Acroceras amplexans</i>	35	17,5	3,96	Ga	PA
<i>Andropogon gayanus</i>	78	39	8,82	Gv	TA
<i>Andropogon pseudapricus</i>	175	87,5	19,80	Ga	A
<i>Brachiaria distichophylla</i>	2	1	0,22	Ga	PA
<i>Digitaria horizontalis</i>	17	8,5	1,92	Ga	A
<i>Eliomurus elegans</i>	2	1	0,22	Ga	PA
<i>Eragrostis turgida</i>	4	2	0,45	Ga	PA
<i>Hackelochloa granularis</i>	12	6	1,36	Ga	TA
<i>Loudetia togoensis</i>	61	30,5	6,90	Ga	PA
<i>Microchloa indica</i>	2	1	0,22	Ga	PA
<i>Paspalum orbiculare</i>	6	3	0,68	Ga	A
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	74	37	8,37	Ga	A
<i>Panicum laetum</i>	1	0,5	0,11	Ga	TA
<i>Sorghastrum bipennatum</i>	38	19	4,30	Ga	TA
<i>Schizachyrium exile</i>	91	45,50	10,29	Ga	A
<i>Schizachyrium platyphyllum</i>	64	32	7,24	Gv	TA
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	2	1	0,22	Gv	A
<i>Setaria pallide-fusca</i>	32	16	3,62	Ga	PA
<u>Légumineuses</u>					
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	16	8	1,85	La	TA
<i>Cassia mimosoides</i>	4	2	0,45	La	A
<i>Crotalaria goreensis</i>	4	2	0,45	La	NA
<i>Indigofera secundiflora</i>	13	6,5	1,47	La	NA
<i>Stylosanthes erecta</i>	5	2,5	0,57	Lv	A
<i>Zornia glochidiata</i>	43	21,5	4,86	La	TA
<u>Autres</u>					
<i>Borreria radiata</i>	53	26,5	5,99	Ha	A
<i>Borreria stachydea</i>	8	4	0,94	Ha	A
<i>Cochlospermum tinctorium</i>	1	0,5	0,11	Hv	NA
<i>Commelina bangwensis</i>	1	0,5	0,11	Ha	A
<i>Chysantellum americanum</i>	5	2,5	0,57	Ha	NA
<i>Cyperus rotondus</i>	4	2	0,45	Ha	NA
<i>Euphorbia polycnemoides</i>	4	2	0,45	Ha	NA
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	1	0,5	0,11	Ha	A
<i>Melanthera eliptica</i>	12	6	1,36	Ha	NA
<i>Pandiaka heudelotii</i>	3	1,50	0,34	Ha	NA
<i>Polygala arenaria</i>	3	1,50	0,34	Ha	NA
<i>Phyllanthus amarus</i>	1	0,5	0,11	Ha	NA
<i>Sida alba</i>	1	0,5	0,11	Ha	NA
<i>Waltheria indica</i>	6	3	0,68	Hv	NA
<u>Extension</u>					
<i>Biophytum petersianum</i>					
<i>Caralluma dalziellii</i>					
<i>Euphorbia hirta</i>					
<i>Hyptis spicigera</i>					
<i>Sesbania pachycarpa</i>					

c : pâturage de bas-fond (PBf)

ESPECES	FS	FC (%)	CS (%)	Fb	Ap
<u>Graminées</u>					
<i>Acroceras amplexans</i>	35	17,5	7,22	Ga	PA
<i>Andropogon pseudapricus</i>	1	0,5	0,5	Ga	A
<i>Andropogon gayanus</i>	5	2,5	2,5	Gv	TA
<i>Panicum anabaptistum</i>	178	89	36,70	Gv	A
<i>Panicum fluviicola</i>	25	12,5	5,15	Ga	PA
<i>Panicum subalbidum</i>	10	5	2,06	Ga	PA
<i>Panicum laetum</i>	26	13	5,36	Ga	TA
<i>Paspalum orbiculare</i>	92	46	18,97	Ga	A
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	4	2	0,82	Ga	A
<i>Schizachyrium exile</i>	4	2	0,82	Ga	A
<i>Schizachyrium platyphyllum</i>	14	7	2,89	Gv	TA
<i>Setaria pallide-fusca</i>	5	2,5	1,03	Ga	PA
<i>Vetiveria nigriflora</i>	14	7	2,89	Ga	PA
<u>Légumineuses</u>					
<i>Aeschynomene indica</i>	10	5	2,06	La	A
<i>Cassia mimosoides</i>	10	5	2,06	La	A
<i>Zornia glochidiata</i>	5	2,5	1,03	La	TA
<u>Autres</u>					
<i>Borreria filifolia</i>	14	7	2,89	Ha	A
<i>Borreria radiata</i>	1	0,5	0,21	Ha	A
<i>Corchorus tridens</i>	9	4,5	1,86	Ha	A
<i>Hyptis spicigera</i>	1	0,5	0,21	Ha	NA
<i>Melochia corchorifolia</i>	12	6	2,47	Ha	NA
<i>Physalis unguolata</i>	1	0,5	0,21	Ha	NA

- Ces pâturages, de par la contribution spécifique faible des légumineuses, ne sont certainement pas d'une valeur nutritive très élevée. Même si la composition floristique du pâturage diffère de celle de la ration ingérée, elle influence le choix des animaux.

- La contribution spécifique réduite des graminées vivaces laisse présager de la faible capacité de régénération de ces formations au cours de la saison sèche, et explique que la repousse soit inhibée par un brout constant dès son apparition, et que les animaux soient contraints à un déplacement continu à la recherche de zones plus favorables.

- Il faut aussi remarquer que la plupart des espèces consignées comme peu appréciées sont en fait ingérées par les animaux par manque d'alternative. Par la force des conditions climatiques de plus en plus sévères et des charges de plus en plus fortes dans certains secteurs, beaucoup d'espèces finissent par être acceptées.

S'il est vrai que la notion d'appétibilité est très relative, et que des espèces de teneur en MAT élevées peuvent être refusées, il n'en demeure pas moins vrai que le choix de l'animal est aussi guidé en grande partie par la valeur nutritive du fourrage, surtout lorsque les espèces sont à l'état de paille.

DISCUSSION

Effet du climat

Des résultats présentés dans cette première partie du travail, il se dégage des conclusions qui sont, pour la plupart, la confirmation de faits déjà connus.

Le premier constat à trait à une variabilité aussi bien dans les cycles que dans la production de matière sèche des espèces où type de pâturage.

La durée du cycle de *Pennisetum pedicellatum* semble plus sujette aux variations climatiques que celle des autres annuelles; alors que chez les pérennes elles semblent se manifester plutôt plus intenses pour la production maximale de talles.

Toutes les valeurs maximales de talles étant plus élevées en 1989 qu'en 1990, on ne pouvait que s'attendre à une répercussion au niveau de la biomasse produite.

La production des végétaux est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs incluant aussi bien le type de communauté, la fertilité du sol : N et P essentiellement (Breman et Witt, 1983) et les facteurs climatiques (Noitsakis et al., 1992; Abate et al., 1989; Deinum et Dirven, 1976). Ce dernier aspect est restreint et examiné ici que sous l'angle pluviométrique.

On constate que si la phénologie des espèces n'est que peu affectée par la variabilité pluviométrique, il n'en va pas de même des niveaux de production. La pluviométrie totale de 1989 est supérieure de 7 à 30% à celle des autres années et coïncide avec des biomasses variant de 1.1 à 2 fois. La dépendance de la production vis à vis du substrat édaphique (Toutain, 1974) et du type de communauté (Fournier, 1990) étant écartée dans nos conditions (même site, même espèce), il reste l'implication de la pluviométrie (IICA, 1984; Le Houérou et Hoste, 1977; Le Houérou, 1980 b).

Cependant, la relation établie entre biomasse maximale et pluviométrie totale de l'année, difficilement utilisable même dans le cas où elle est significative à cause de l'incertitude trop importante de l'estimation les reliant, laisse entrevoir que la pluviométrie totale n'est pas le seul facteur impliqué dans la production maximale des espèces étudiées.

Ce manque de corrélation significative ne serait pas le fait d'une espèce ou d'une zone écologique. Il est aussi retrouvé en région sud soudanienne du pays (Fournier, 1990), de même que pour l'ensemble du pays le long d'un gradient nord-sud (Zoungrana 1991).

Le cumul pluviométrique à lui seul n'est donc pas un bon "prédicteur" de la production des espèces, qui est par ailleurs influencée par la répartition des précipitations. C'est ainsi que la mauvaise répartition des pluies a été à l'origine d'une plus faible production de *A. gayanus* (Hagggar, 1975) comme cela a été démontré d'une façon générale pour

les espèces soumises à un rythme d'approvisionnement pluvial (Trévino et Caballero, 1984).

Il semble par conséquent qu'une plus faible quantité des précipitations puisse être compensée par une meilleure répartition, faisant qu'un total annuel ne conduise pas nécessairement à une production maximale supérieure. C'est le cas des productions de 1987 et 1990.

Nous concluons que les précipitations seules ne sont pas un indicateur adéquat dans la production des fourrages.

La contribution spécifique des espèces de la strate herbacée est, elle aussi, très variable d'une année à l'autre. La pluviométrie et sa répartition sont en effet des facteurs déterminants dans la présence des espèces (Breman et al., 1979/80). On sait, par exemple, qu'en année de pluviométrie favorable (abondante et régulière) sur les pâturages de Gampéla, les espèces hydrophiles telles que *Schizachyrium brevifolium*; *Alysicarpus glumaceus*, *Paspalum orbiculare*... se développent, alors qu'en année défavorable se sont les espèces de glacis telles que *Loudetia togoensis*, *Schizachyrium exile*, *Brachiaria distichophylla* qui occuperont le terrain.

Germination

Beaucoup d'auteurs se sont intéressés à la production et à la germination des semences de graminées. Le stock grainier des pâturages n'est généralement pas considéré comme un facteur limitant dans la reconstitution des peuplements herbacés (Grouzis, 1988; Bille, 1977; Penning de Vries et Djiteye, 1982), quoiqu'il existe selon ces auteurs une grande variabilité au niveau des plantes individuelles et des espèces d'une année à l'autre.

En région de savane de l'Ouest africain la biomasse des caryopses et enveloppes se trouvant dans les 20 premiers cm du sol atteint jusqu'à 163 Kg/ha. Ces réserves du sol

se renouvellent presque entièrement chaque année (Fournier, 1990). Elles évoluent avec une brusque diminution vers les mois d'avril et mai dûe à l'exploitation par les oiseaux (Gaston, 1976).

Le pourcentage de germination des graines entières de *A. gayanus* s'apparente au nôtre lorsque le stockage et la germination des semences interviennent en conditions ambiantes. L'amélioration qui résulte de la variation des conditions de récolte (période) et de stockage (température et durée) augmente ce taux qui reste cependant inférieur à 65% (Bowden, 1964; Conde et al., 1984; Gonzalez et Torriente, 1985; Cordea et Olivero, 1983).

On est encore loin des valeurs de certaines annuelles telles que *S. bipennatum* ou *P. pedicellatum*. C'est la capacité germinative de ce dernier, qui permet la facilité d'implantation qu'on lui connaît en région nord-soudanienne du Burkina faso.

Production

La production de MS des 5 graminées étudiées est élevée, tout au moins dans les conditions de nos observations, même si l'irrégularité et la durée de la saison des pluies ont pu affecter certaines valeurs.

La comparaison des espèces sur une base plus concrète qu'est leur capacité de charge fait apparaître qu'en situation de pâture, *A. pseudapricus* et *B. lata*, en dépit de leur production de matière sèche assez bonne, sont d'importance plus restreinte eu égard à leur période d'utilisation limitée à la saison pluvieuse.

Pour les autres espèces, la biomasse maximale, qui exprime bien la production végétale sous les climats à une seule saison des pluies et une saison sèche bien marquée (Fournier et Lamotte, 1983), assure une charge variant de 0.5 à 2 UBT/ha/an pour un taux d'utilisation de 50%. Cette capacité est supérieure à certaines situations de zone écologique et type de formation similaires. Cela n'a rien d'étonnant si l'on sait que les aires

sur lesquelles nous avons travaillé sont protégées pendant les périodes de mesure depuis plusieurs années, et soumises à une pâture plus contrôlée, moins abusive en saison sèche.

Dans tous les cas, nos résultats pour les pâturages de Gampéla ou encore ceux de l'EPSSE (1991), qui indiquent une disponibilité de 5 à 6 ha /UBT pour la région nord-soudanienne du pays, font apparaître clairement que la productivité réduite des animaux de la zone au cours de la saison sèche (Bicaba et al., 1986) incriminant les ressources fourragères, serait plus en relation avec un apport qualitatif que quantitatif déficient.

L'amplitude de variation, quelquefois énorme, de la production d'une année à l'autre sur les mêmes aires limite quelque peu la portée des résultats concernant les charges, mais n'enlève rien au fait que la gestion de ces écosystèmes très dégradés doit s'appuyer rapidement sur la connaissance de la valeur nutritive de ces aires pâturées et trouver des solutions permettant de faire face à sa détérioration avec le temps.

Compte tenu des taux d'utilisation faibles, et de ces variations qualitatives, les réserves fourragères apparaissent comme une solution permettant d'entretenir un nombre plus important d'UBT/ha. De plus, l'adéquation production de matière sèche et qualité du fourrage pourra, dans ce cas, être recherchée.

Nous n'avons malheureusement pas trouvé dans la littérature des données afférentes à la production de matière sèche de *B. lata*, *A. pseudapricus* et *P. anabaptistum*. Par contre de nombreuses références font état de la production de *A. gayanus* et beaucoup moins de *P. pedicellatum*, en situation naturelle ou en culture, sous les conditions les plus diverses d'apport en eau, d'exploitation (période et fréquence), de fumure (N,P,K séparément ou en association de doses variables). Ces faits rendent la comparaison des données de production assez délicate.

Les valeurs relevées pour *A. gayanus*, de 7 à 10 t MS/ha (Boudet, 1984); de 2.5 à 3.0 t MS/ha (Dieng et al., 1991); de 3.4 à 5.2 t MS/ha (Boyer et Roberge, 1985), permettent d'avoir une idée sur les potentialités de l'espèce en relation avec un approvisionnement en intrant (essentiellement eau, et fertilisation minérale), pas souvent réalisable il est vrai

dans les conditions actuelles du Burkina Faso. D'ailleurs, pour cette espèce, les effets de la fertilisation sont contradictoires. Tantôt *A. gayanus* répondrait à la fertilisation N, P et/ou K (Dieng et al., 1991; Machado et al., 1984). Tantôt, cette dernière serait sans effet sur l'augmentation de sa production (Berroteran, 1989) mais tendrait plutôt à la régulariser (Haggar, 1975; Boyer et Roberge, 1985; Mc Ivor, 1984).

Au Nigéria, en condition naturelle, sous une pluviométrie de 936 mm, Haggar (1970) avec une évolution de biomasse et des productions de repousses similaires aux nôtres obtient une production maximale au 1er cycle de 3 t MS/ha.

Au Mali, Cissé et Breman (1980) notent une diminution exponentielle de la production de *A. gayanus* en fonction de l'intensité de coupe due à la fragilité de l'espèce à l'exploitation. La fréquence d'exploitation conseillée dans le souci d'une meilleure production de MS est assez variable selon les auteurs (Faria et al., 1987; Valencia et al., 1984; Gutierrez et al., 1988). Elle est sans doute spécifique à la zone d'étude et aux conditions d'investigations. Elle est guidée par ailleurs, en plus de l'objectif de production visé, par le mode de conservation envisagé (Dieng et al., 1991).

Comparé à d'autres graminées tropicales, *A. gayanus* est jugé intéressant par sa forte production et sa capacité à pousser sur des sols peu fertiles (Valencia et al., 1984; Haggar, 1966), sous des pluviométries faibles, inférieures à 1m/ an (Boyer et Roberge, 1985), et irrégulières (Ruiz et al., 1983). Sa moindre exigence a conduit à proposer sa culture sur des aires soumises à une sécheresse prolongée. Cependant la forte production résiduelle (nécromasse) de l'espèce en début de cycle, pouvant dépasser 1 t MS/ha sur nos parcelles et constituer jusqu'à 50% de la MO totale durant la saison sèche (Haggar, 1970), peut handicaper la production future et devrait être supprimée par des coupes ou le passage périodique du feu (Bowden, 1963).

Il n'existe pas de normes pour la hauteur de coupe adéquate des espèces graminéennes. La hauteur de 15 cm adoptée pour les pérennes et guidée par le souci de préservation des collets, semble, chez *A. gayanus*, lorsqu'elle se situe entre 5 et 20 cm ou

entre 10 et 30 cm n'avoit aucun effet significatif respectivement sur la production (Dieng et al., 1991) ou la vigueur des repousses (Drudi et al., 1986).

La production de *P. pedicellatum*, comme celle des autres graminées, varie en fonction du type de sol et de l'approvisionnement en eau.

L'espèce a une faible capacité de régénération après exploitation (Bhagavandoss et al., 1989) et au Burkina Faso, soumise à 3 coupes au cours de la croissance, sa production totale de MS n'a pas excédé 57% de la biomasse maximale qui a été de 4860 kg MS/ha en fin fructification (Achar, 1991).

En Inde où il a été très étudié, *P. pedicellatum* en monoculture et sous diverses conditions agroclimatiques produit entre 4.4 et 16.6 t MS /ha (Singh et Hazra, 1987; Hazra et Singh, 1990; Shukla et Saxena, 1988).

Contrairement à *A. gayanus*, *P. pedicellatum* répond bien à la fertilisation N par une augmentation de sa hauteur, du nombre de pousses par rang et une production plus accrue (Sing et al., 1988; Yadav et Sharma, 1986).

CONCLUSION

En situation naturelle (sans aucun intrant), les 5 espèces étudiées sont jugées d'emblée intéressantes du point de vue de leurs productions de matière sèche. C'est d'ailleurs une telle appréhension qui est, en partie, à l'origine de leur choix.

Ces productions sont assez variables suivant les conditions climatiques, ce qui rend leur prédiction difficile.

Dans le cas d'un système d'élevage extensif, qui est la pratique la plus courante au Burkina Faso, l'amélioration des parcours peut être envisagée par leur réensemencement avec des espèces favorables. Dans cette perspective, *A. gayanus* et *P. pedicellatum* seraient indiqués eu égard d'une part à leur cycle végétatif long et leur grande capacité de charge annuelle, et d'autre part à l'atout majeur de *A. gayanus* constitué par les repousses qu'il permet et son aptitude à rester plus longtemps vert en

saison sèche. L'association des deux espèces n'est cependant pas souhaitable en raison de leur compétitivité (Haggar, 1969).

P. anabaptistum procure, lui aussi, des repousses (plus faibles). Cependant, il ne peut être conseillé que pour les zones de bas-fond, mais elles sont déjà, pour bon nombre, destinées à la culture du riz pluvial.

A. pseudapricus apparaît l'espèce la moins intéressante de toutes, puisqu'en dépit de sa forte biomasse résiduelle en saison sèche, elle est peu exploitée par les animaux.

B. lata est l'espèce la plus recherchée par les animaux. Mais si l'on se place d'un point de vue purement quantitatif, son cycle très court milite en défaveur de son implantation puisque l'espèce n'est présente que pendant la période où le problème quantitatif ne se pose pas.

La culture fourragère est une pratique encore naissante au Burkina faso. Elle est confinée aux zones aménagées. La production des espèces que nous avons étudiées s'accroîtrait en situation intensive, si l'on se réfère aux données de la bibliographie. Il faudrait dans tous les cas qu'elle puisse être justifiée en concourant à la rentabilisation de l'eau ou de la fertilisation apportée.

En attendant l'essor de cette culture, la constitution de réserves fourragères à partir des productions naturelles semble incontournable si l'on veut couvrir ne serait ce que les besoins d'entretien des animaux durant la longue saison sèche.

Pour la mise en réserve ou pour la culture, il est indispensable de réunir en plus des informations de répartition de la disponibilité quantitative, des données d'ordre qualitatives, d'autant que les graminées tropicales sont reconnues avoir des productions de MS souvent spectaculaires, mais qui s'accompagnent souvent d'une qualité insuffisante (Salette, 1970).

CHAPITRE V

COMPOSITIONS MORPHOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES HERBACEES

La détermination de la composition chimique des fourrages revêt une importance particulière puisqu'elle conditionne pour une large part leurs valeurs nutritives. C'est ainsi qu'on a toujours recherché (et qu'on cherche encore) à utiliser les teneurs des constituants chimiques des fourrages dans l'établissement d'équations de prédiction de la digestibilité et de l'ingestibilité. Pour les fourrages tempérés étudiés en France par exemple, la digestibilité a été reliée positivement à la teneur en constituants cytoplasmiques totaux et négativement à la teneur en parois lignifiées et cutinisées (Jarrige, 1980; Demarquilly et Jarrige, 1981).

Cependant, l'appréciation du fourrage sur la seule base des valeurs de la plante entière pose un problème car l'on sait que l'animal peut sélectionner les meilleures parties des plantes (Gardener, 1980; Kalmbacher, 1983). Lorsque cela est physiquement possible, les feuilles sont ingérées de préférence aux tiges à cause de leur teneur en MAT plus élevée et de celle en parois plus faible. Cette sélection, d'autant plus importante que le fourrage est mature, s'explique par une plus grande disponibilité et une plus grande variabilité entre les parties du fourrage avec le vieillissement.

Du fait de cette sélection, il est important de connaître pour les espèces qui constituent un pâturage la valeur nutritive de la plante entière, mais aussi celle des différentes parties de la plante de même que leurs proportions respectives. Une telle détermination ne fera que renforcer la caractérisation des espèces et leur comparaison déjà entreprise sur la base de la production de matière sèche totale.

Ce volet sur la composition morphologique et chimique des herbacées concernera : 5 espèces graminéennes, *P. pedicellatum*, *A. gayanus*, *P. anabaptistum*, *A. pseudapricus* et *B. lata*, qui sont celles retenues lors de l'évaluation des productions de matière sèche; 3

Tableau V-1 : Nature et nombre des échantillons analysés.

Nature des échantillons	Nombre d'années de récolte	Nombre d'échantillons
Plantes entières de graminées		
- annuelles (Ga)	1 à 4	66
- vivaces (Gv)	3 à 4	55
Plantes entières de légumineuses (Lé)	1	20
Plantes entières de pâturage (Pg)	1	30
Strates entières de graminées (S)	2	93
Organes de graminées	2	
- Feuilles (ou limbes + gaines)		70
- Tiges		64
- Inflorescences		15

légumineuses naturelles (les plus représentatives sur le pâturage) : *A. ovalifolius*, *Z. glochidiata* et *S. erecta*; 4 zones de pâturages définies dans l'étude de la biomasse. Ainsi,

- Les échantillons de plante entière sont prélevés au cours du cycle entier de végétation en 1990 pour les légumineuses et le pâturage naturel, et durant 1 à 4 ans selon l'espèce pour les graminées. Les données obtenues pour différentes années permettront, le cas échéant, de mettre en évidence une influence éventuelle du climat.

- En 1989 et 1990, les proportions des différents organes des plantes de graminées : feuilles ou limbes et gaines, tiges et inflorescences sont déterminées, de même que la composition chimique de ces organes.

- Pour *A. gayanus*, les échantillons prélevés pour l'étude de la stratification de la biomasse en 1988 et 1989 sont aussi pris en compte, mais seule l'évaluation de la teneur en MAT des organes constitutifs de ces strates est étudiée en 1989.

Le tableau V-1 récapitule le nombre d'échantillons étudiés pour chaque catégorie de fourrage et, dans la représentation graphique qui suivra, nous avons délibérément choisi de ne faire figurer que les données d'évolution de 1990 car c'est la seule année où toutes les catégories de fourrage (graminées, légumineuses, pâturage) sont étudiées. Cela permettra par ailleurs un allègement des graphiques, surtout qu'il s'est avéré que les variations inter-annuelles étaient plutôt faibles.

Figure V-1a : Evolution de la composition morphologique (%) des différentes graminées annuelles
 FV : feuilles vertes, FM : feuilles mortes, TV : tiges vertes, I : inflorescences.

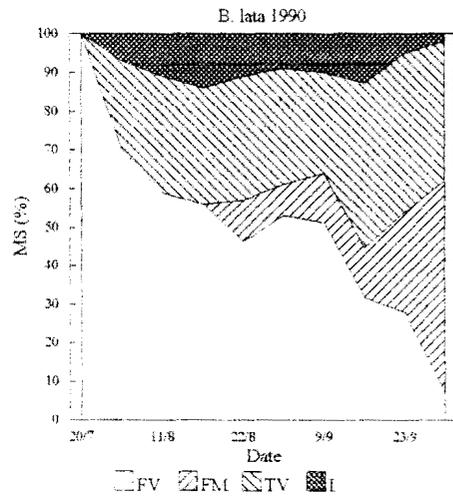
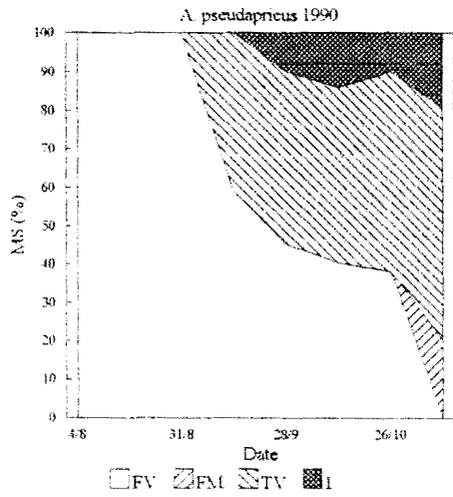
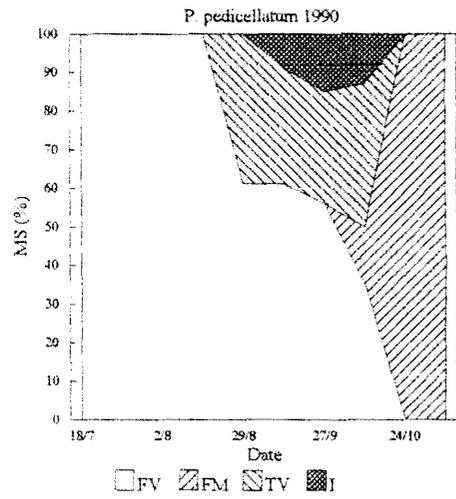
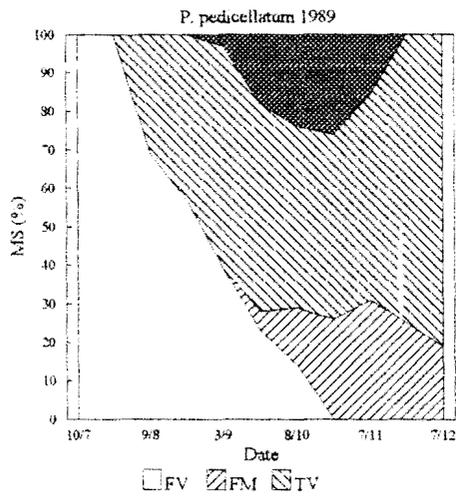


Figure V-1b : Evolution de la composition morphologique (%) des graminées vivaces
 LV : limbes verts, GV : gaines vertes, LM : limbes morts, TV : tiges vertes, I : inflorescences.

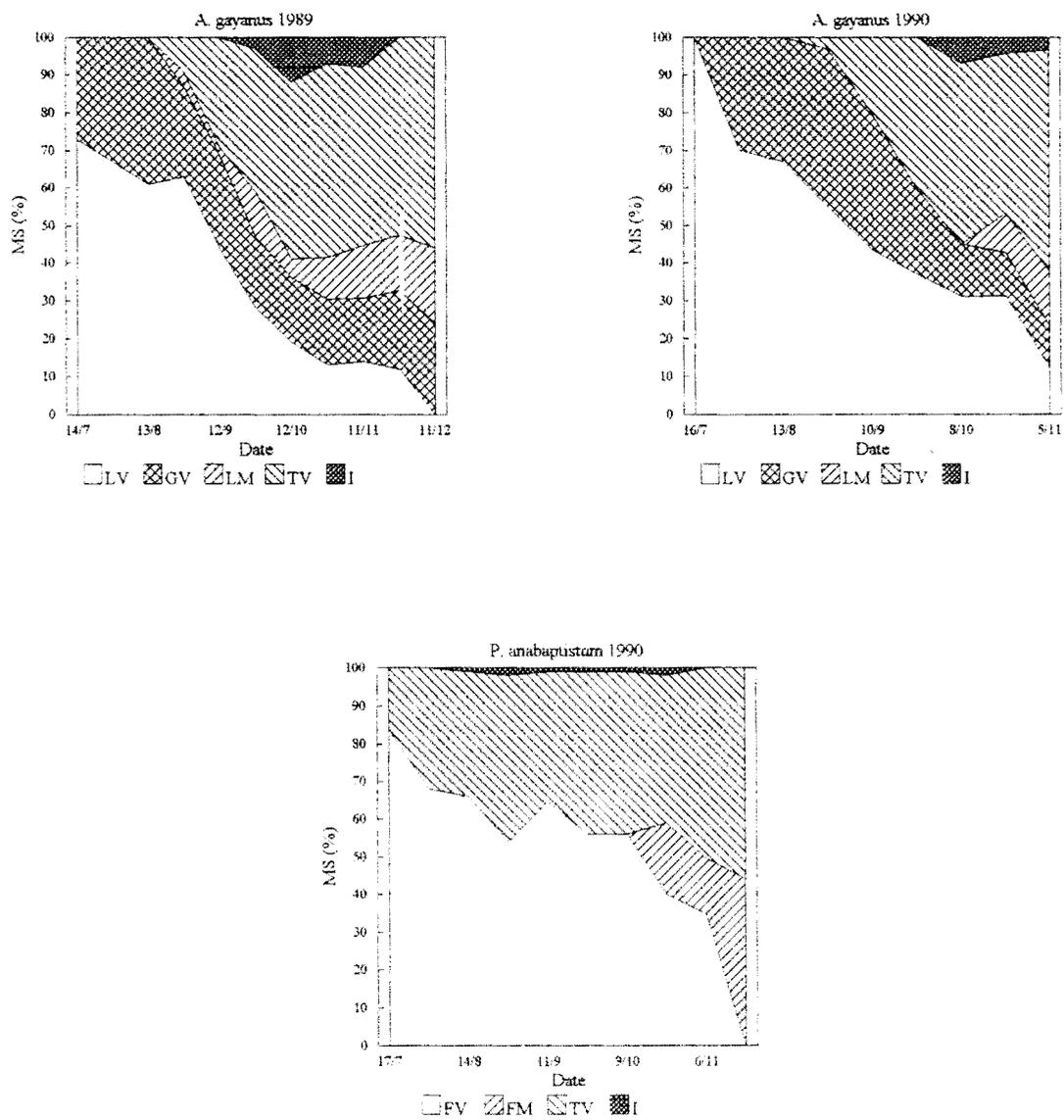
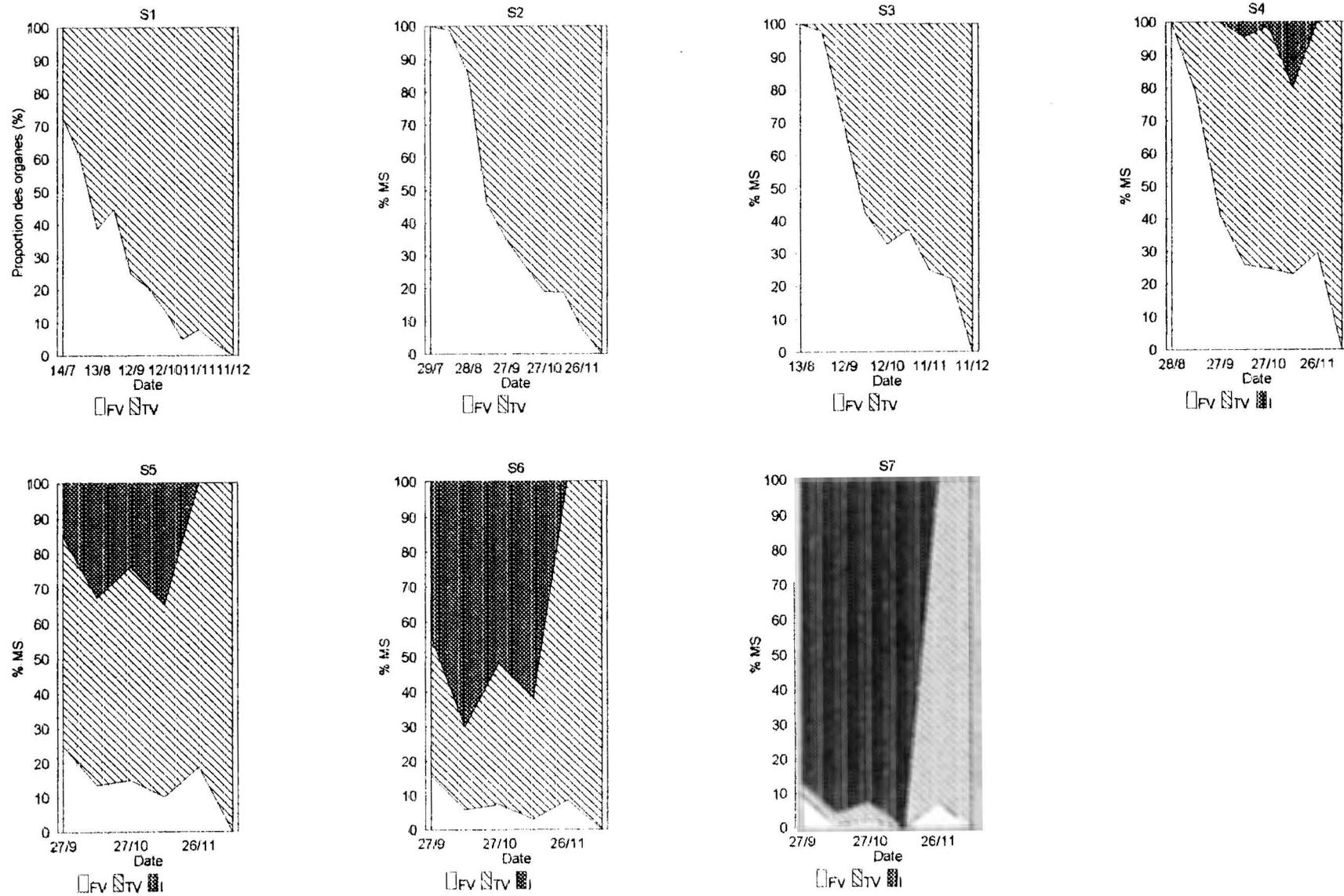


Figure V-1c : Evolution de la composition morphologique (%) des différentes strates (S) de *A. gayanus* (FV : feuilles vertes; TV : tiges vertes; I : inflorescences).



I- COMPOSITION MORPHOLOGIQUE DES HERBACEES

Les changements dans la proportion des différents organes (feuilles ou limbes, gaines, tiges et inflorescences) de chacune des espèces sont illustrés à la figure V-1a pour les annuelles; V-1b pour les pérennes et V-1c pour chacune des strates de *A. gayanus* en 1989.

Bien qu'il y ait de larges différences entre espèces, ces dernières sont toutes, en début de saison des pluies, constituées uniquement de feuilles. Cette composante décroît au fur et à mesure de la maturité des plantes.

En moyenne sur tout le cycle, *B. lata* a la plus grande proportion de feuilles; *A. gayanus* celle de tiges tandis que *P. anabaptistum* a la plus faible proportion d'inflorescences.

La senescence des feuilles est très précoce chez *B. lata* qui a un cycle court; elle est très tardive chez *P. anabaptistum* espèce de bas-fond, très brutale chez *A. pseudapricus*, et constatée beaucoup plus tôt en 1989 qu'en 1990 chez *A. gayanus*.

Le rapport du poids de MS des feuilles vertes aux tiges vertes (F/T) est très variable selon l'espèce et diminue régulièrement dans le temps chez *A. pseudapricus*, *P. pedicellatum* et *B. lata* en 1990.

Par contre, chez *P. pedicellatum* et *A. gayanus* en 1989, *A. gayanus* et *P. anabaptistum* en 1990, on distingue deux phases dans la vitesse de décroissance. Elles sont schématisées à la figure V-1d par des droites de pentes différentes. La rupture de pente est constatée plus tôt dans la saison chez *P. anabaptistum* que chez *P. pedicellatum* ou *A. gayanus*. Elle correspond en fait au début de l'épiaison respective de ces espèces.

Le rapport F/T de toutes les espèces (sauf *A. gayanus*) en 1990 reste supérieur à 1 jusqu'à la dissémination des graines, alors qu'en 1989 dès le début de l'épiaison il passe en dessous de 1. Dans ce cas, l'augmentation de la production de MS qui se poursuit résulte surtout de celle des tiges.

Généralement, la période de production maximale des feuilles à l'ha précède d'environ un mois celle de la plante entière.

Figure V-1d : Evolution du rapport Feuilles/Tiges des différentes graminées.

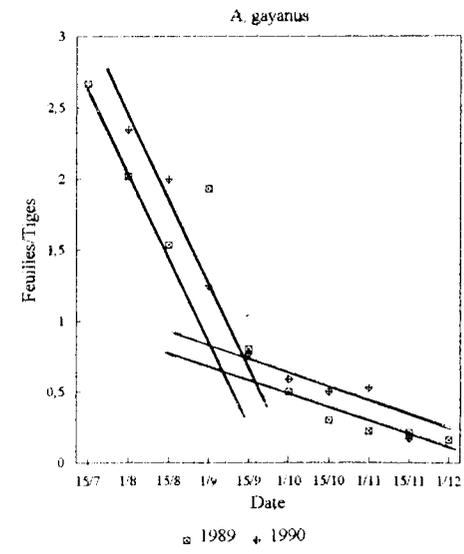
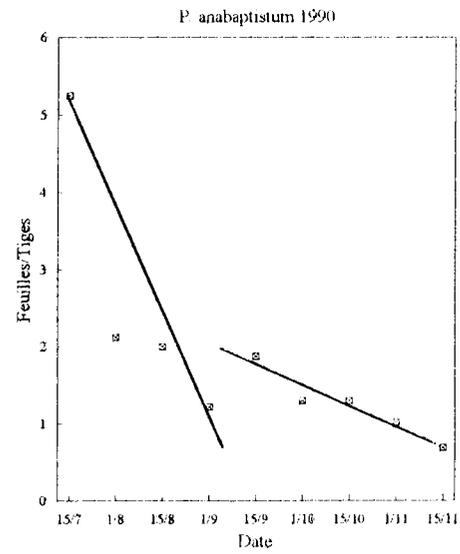
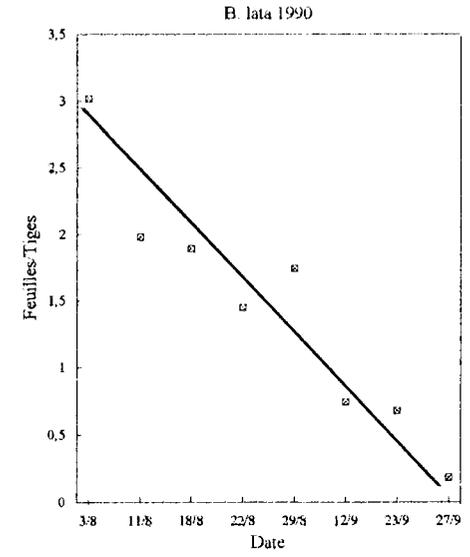
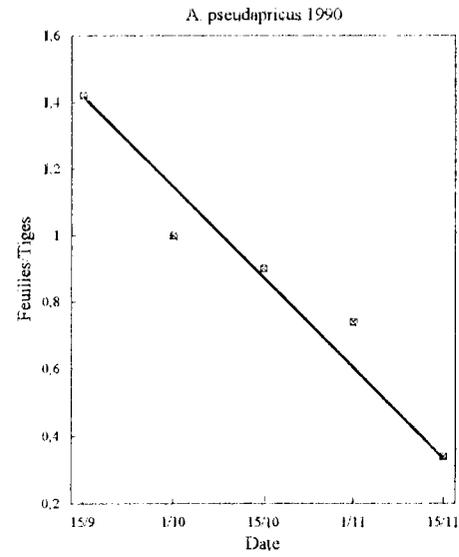
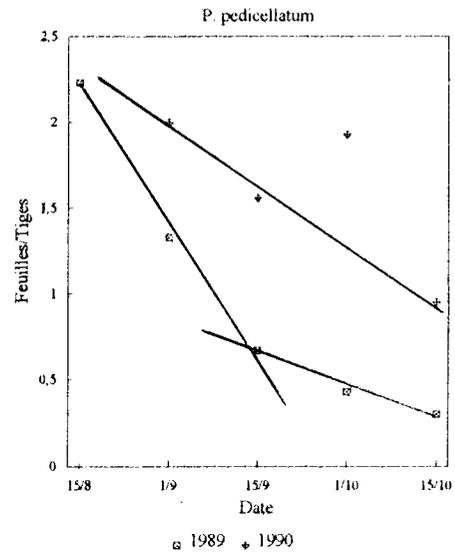


Tableau V-2 : Production (kg MS/ha) par strate (S) des feuilles (F) et tiges (T = gaines + tiges) de *A. gayanus* à la date de production maximale à l'ha des feuilles (12/09) et de matière sèche totale (12/10) lors du premier cycle et des repousses.

Strates	1er cycle						Repousses du					
	12/09			12/10			14/07			29/07		
	F	T	F/T	F	T	F/T	F	T	F/T	F	T	F/T
S1	240	725	0,33	180	1150	0,16	95	380	0,25	205	175	1,17
S2	315	375	0,84	320	870	0,37	125	245	0,51	110	90	1,22
S3	380	165	2,3	310	635	0,49	110	180	0,61	50	30	1,67
S4	155	40	3,9	160	425	0,37	45	110	0,41	25	0	
S5				25	255	0,09	15	70	0,21			
S6				35	110	0,31		10				
S7				35	55	0,64						
Total	1090	1305	0,84	1065	3500	0,30	390	1385	0,28	390	295	1,32

Tableau V-3 : Teneurs en matière sèche (p.100) des plantes entières et des organes de graminées (effectif; moyenne et valeurs extrêmes)

Espèce	Plante entière	Feuilles	Tiges	Inflorescences
<i>P. pedicellatum</i>	29 39,5 14,2 - 95,2 ab	14 52,4 12,1 - 98,9	14 44,4 10,1 - 94,4	9 59,9 41,7 - 85,7
<i>B. lata</i>	10 25,5 14,7 - 38,0 a	22 35,3 19,6 - 78,5	22 30,1 15,8 - 64,3	
<i>A. pseudapricus</i>	8 50,7 26,1 - 89,0 ab	5 68,6 34,6 - 93,9	5 61,7 31,1 - 87,0	
<i>P. anabaptistum</i>	23 48,6 28,7 - 79,7 b	19 53,5 31,5 - 93,6	19 42,8 24,1 - 66,4	12 46,7 27,9 - 62,9
<i>A. gayanus</i>	28 46,2 26,3 - 81,4 ab	Limbes	Gaines	Tiges
		9 69,1 45,8 - 97,8	9 66,3 36,1 - 93,8	7 63,4 36,8 - 88,4

Les différences significatives ($p < 0,05$) entre espèces sont notées par des lettres différentes.

Pour une même strate d'*A. gayanus*, la production de feuilles décroît elle aussi avec l'âge, alors que pour une date donnée, le rapport F/T augmente de la strate 1 vers le sommet, jusqu'à l'apparition des premières inflorescences. A partir de ce moment, le rapport F/T n'augmente que jusqu'à la strate 3 puis diminue au delà (tableau V-2).

En moyenne sur tout le cycle, la production maximale de feuilles de *A. gayanus* se trouve dans la strate 2 c.a.d entre 40 et 80 cm à partir du sol. La strate 7 est constituée en quasi totalité d'inflorescences qui sont aussi en proportion nettement supérieure aux feuilles dans les strates 6 et 5 (figure V-1c).

La répartition hétérogène de la proportion des divers organes le long de la plante renforce l'idée d'une exploitation stratifiée déjà préconisée à cause de la très haute taille de cette plante. Il restera à vérifier dans cette hypothèse que l'on concilie une bonne production de matière sèche et une qualité nutritive plus élevée.

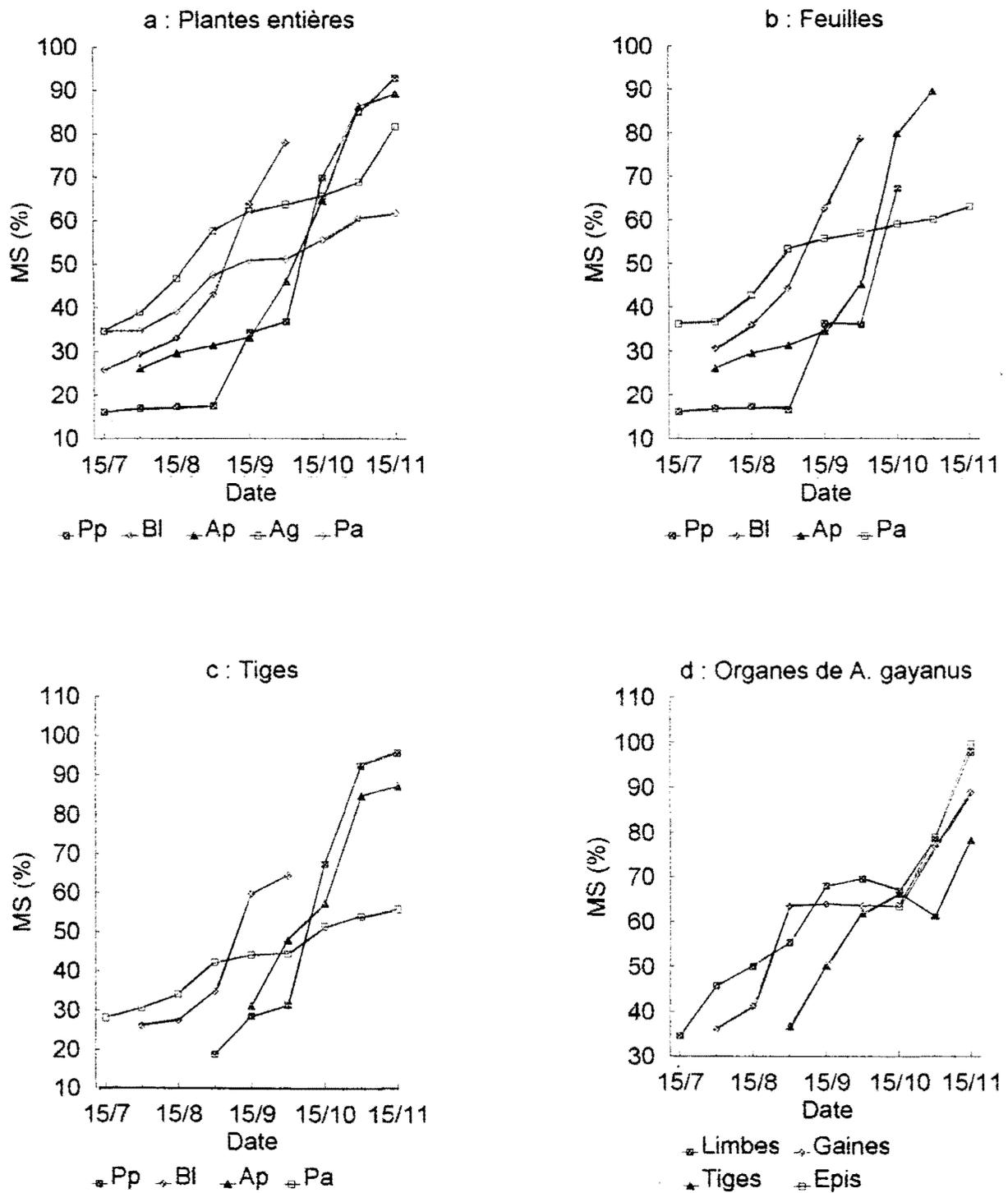
II- COMPOSITION CHIMIQUE DES GRAMINEES, DES LEGUMINEUSES ET DES FOURRAGES DES DIFFERENTES ZONES DE PATURAGE

1- Teneurs en matière sèche

De tous les éléments de la composition chimique étudiés, la teneur en MS des plantes est celle qui varie le plus. Elle est fonction de l'espèce végétale et de l'année. Les teneurs moyennes, plus faibles pour les graminées annuelles (Ga) comparées aux graminées vivaces (Gv), varient de 25 à 51 p.100 (tableau V-3).

Dans tous les cas, la teneur en MS augmente avec l'âge des plantes. Les augmentations, faibles en début de cycle, s'accroissent après l'épiaison et se poursuivent au delà de la dissémination des graines. C'est ainsi qu'en fin décembre, 7 mois après le début des pluies, alors que le fourrage sur pied correspond à de la paille la teneur en MS atteint dans certains cas des valeurs supérieures à 80 p.100 avec les Gv voire 90 p.100 avec les Ga (figure V-2a).

Figure V-2 : Evolution de la teneur en matière sèche (MS en %) des graminées.



Quelle que soit l'année (1988 à 1990), du stade phénologique du tallage à celui de la dissémination des graines, l'augmentation des teneurs en MS est relativement faible et assez constante chez *P. anabaptistum* et *B. lata* : 0.23 à 0.27 point/ jour. Une augmentation du même ordre est obtenue en année de forte pluviométrie (1989) chez *A. gayanus*, alors que les valeurs de 1988 et 1990 sont similaires et de 0.33 point/jour. Pour *P. pedicellatum*, le dessèchement de la plante est plus important en 1990 : 0.59 points /jour contre 0.36 pour les autres années. *A. pseudapricus* a une évolution similaire à celle de *P. pedicellatum* en 1990.

En somme, certaines espèces semblent moins affectées que d'autres et, d'une façon générale, la teneur en MS des Gv augmente moins (évolution linéaire) que celle des annuelles (évolution exponentielle) et est fonction de l'année.

L'augmentation de la teneur en MS de la plante entière est en fait le reflet de celles des organes constitutifs (feuilles et tiges), qui ont une évolution parallèle, avec toutefois des teneurs supérieures dans les feuilles que les tiges (figure V-2b et V-2c). Il en est de même des limbes de *A. gayanus* comparés aux gaines et aux tiges (figure V-2d). Les teneurs en MS des inflorescences qui ne sont présentes que pendant une courte période du cycle sont les plus élevées de tous les organes quelle que soit l'espèce.

La hiérarchisation des organes pour leurs teneurs en MS est conservée dans chacune des strates de *A. gayanus*.

Quel que soit l'âge du fourrage, la strate ou l'organe constitutif de ces strates, les teneurs en MS augmentent du bas (S1) vers le sommet (S7) de la plante. Cependant, on remarque que les teneurs en MS des strates 1 à 4 diminuent dans un premier temps, et augmentent ensuite à partir de l'épiaison. Cette évolution est en rapport avec la composition morphologique. En effet c'est au cours de la première période (du début du tallage au début de l'épiaison) que les tiges apparaissent et que leur proportion augmente le plus rapidement dans ces strates : elle passe de 0 à plus de 50 p.100 rapportée à la plante entière. La teneur en MS de la strate est donc influencée par celle des gaines et

Tableau V-4 : Teneurs en cendres (g/kg MS) des plantes entières et organes de graminées (a), des légumineuses et du pâturage (b) et comparaison des teneurs moyennes des graminées annuelles (Ga), graminées vivaces (Gv), légumineuses (Lé) et du pâturage (Pg) (c) : effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

(a)

Espèces	Plante entière	Feuilles	Tiges	Inflorescences
<i>P. pedicellatum</i>	34	18	15	5
	112,4	120,5	77,4	64,6
	195,7 - 61,1 a	165,8 - 78,7 a	144,8 - 49,1 b	79,6 - 47,5 b
<i>B. lata</i>	24	24	20	11
	127,3	142,0	124,9	111,4
	156,3 - 91,6 a	182,3 - 111 a	159,8 - 79,9 ab	123,7 - 102,4 b
<i>A. pseudapricus</i>	8	8	5	
	68,2	81,4	37,5	
	92,8 - 42,1 b	92,8 - 68,3 a	48,6 - 29,4 b	
<i>P. anabaptistum</i>	27	21	20	7
	60,5	73,1	35,6	51,5
	106,3 - 38,6 b	103,2 - 52,7 a	58,0 - 20,7 b	67,8 - 36,4 c
<i>A. gayanus</i>		Limbes	Gaines	Tiges
	27	9	8	8
	60,6	56,1	58,5	35,3
	108,3 - 32,2 b	71,1 - 53,8 a	74,6 - 45,2 a	55,6 - 21,5 b

(b)

Légumineuses				
	<i>A. ovalifolius</i>	<i>S. erecta</i>	<i>Z. glochidiata</i>	
	7	7	6	
	94,1	101,0	104,3	
	109,0 - 75,6 a	152,4 - 68,0 ab	104,3 - 50,2 bc	
Pâturage	PGa	PGv	PBf	PPBf
	7	8	8	7
	78,6	65,7	99,3	78,1
	92,6 - 62,4 ab	78,2 - 49,0 a	115,4 - 78,8 b	101,8 - 62,9 ab

(c)

Ga	Gv	Lé	Pg
66	54	20	30
112,5	60,5	90,0	80,5
195,7 - 42,1 a	108,3 - 32,2 b	152,4 - 50,2 c	115,4 - 49 c

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont notées entre espèces pour les plantes entières et au sein de l'espèce entre organes.

tiges plus faible que celle des limbes. Par ailleurs, c'est la période de formation importante des talles de l'espèce (cf phénologie), correspondant à une production de matériel plus jeune, avec des teneurs plus faibles.

Par contre, les strates 5 à 7 pour lesquelles la proportion des feuilles et tiges varie peu et qui contiennent une proportion croissante d'inflorescences ont des teneurs en MS qui augmentent continuellement dans le temps.

2- Les matières minérales

2.1- Teneurs en cendres

Au sein des graminées, selon l'espèce, les teneurs moyennes en cendres varient de 61 à 127 g/kg MS. *P. pedicellatum* et *B. lata* ont des teneurs doubles de celle de *A. pseudapricus*, autre espèce annuelle qui se rapproche plus des pérennes (tableau V-4a).

Une différence significative est aussi notée entre les 3 espèces de légumineuses (tableau V-4b) qui, prises ensemble, ont des teneurs équivalentes à celles du pâturage, mais intermédiaires entre celles des graminées annuelles et celles des vivaces (tableau V-4c).

Les teneurs en cendres des feuilles ou des limbes de graminées sont supérieures à celles des tiges ($p < 0.001$) et des inflorescences. Limbes et gaines de *A. gayanus* ont des teneurs équivalentes en cendres; Il en est de même des tiges et inflorescences de *P. pedicellatum*.

Il s'en suit des teneurs en cendres plus élevées lorsque la plante est très jeune (car constituée presque exclusivement de feuilles) et les diminutions observées pour une espèce donnée au cours du cycle (figure V-3a, b, c, d, e, et f) se réduisent dès lors qu'apparaissent les tiges. En effet, passé le stade feuillu, les teneurs évoluent très peu. Ces diminutions notées sont le fait de celles des composants feuilles et tiges et du rapport F/T. Dans le cas de *A. gayanus*, la diminution de la teneur en cendres de la plante entière dépend essentiellement de la diminution de la teneur en cendres des tiges, et de l'augmentation de

Figure V-3 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en cendres.

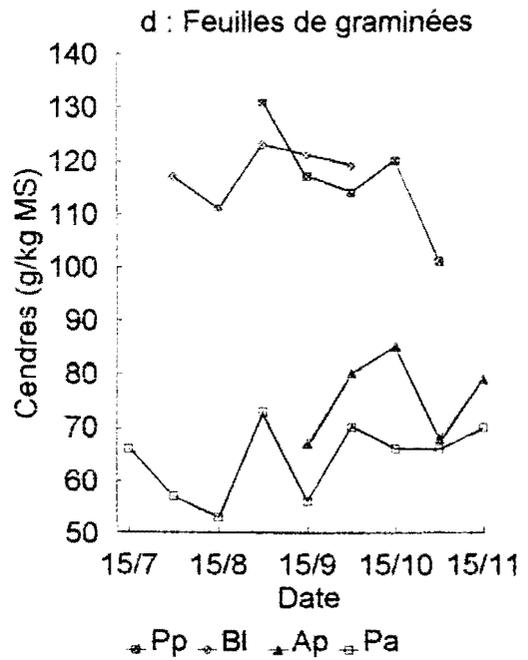
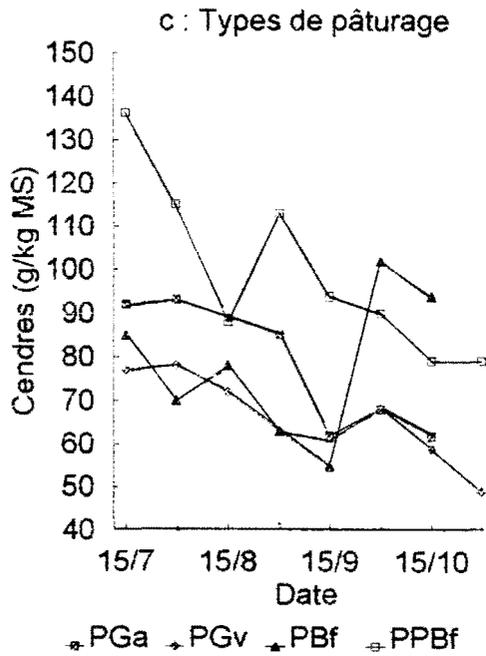
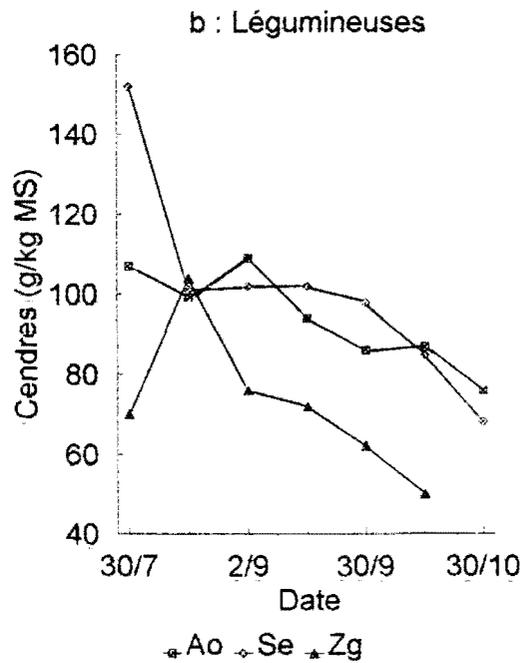
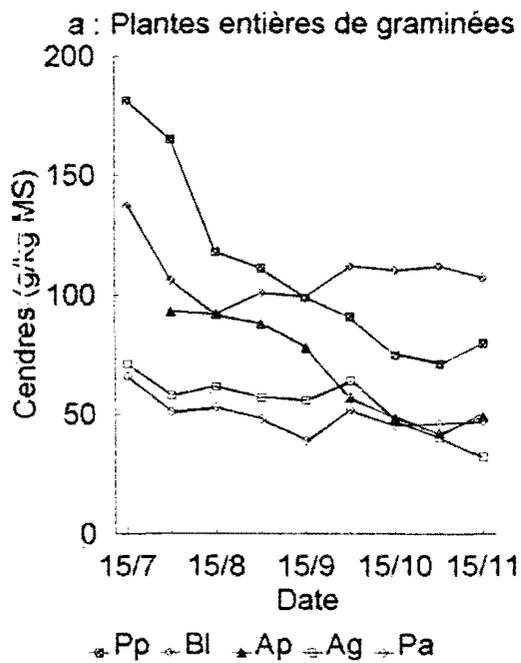


Figure V-3 : Suite

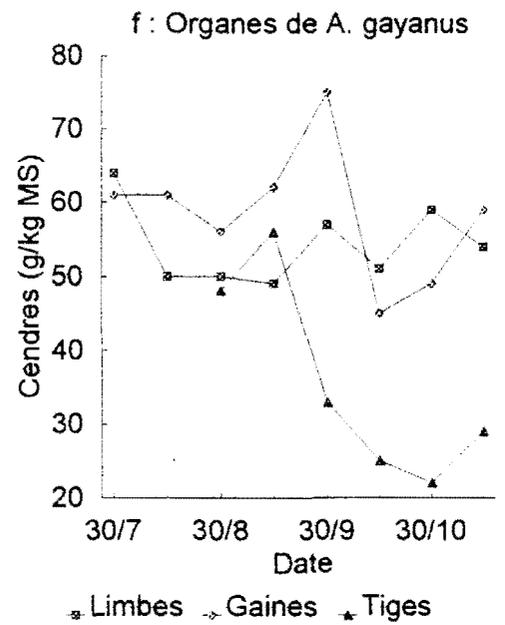
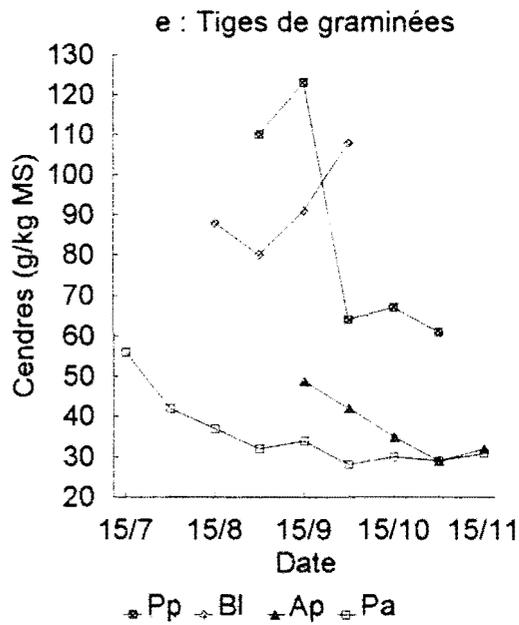


Figure V-3.1 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en minéraux des plantes entières de graminées et des strates de *A. gayanus*.

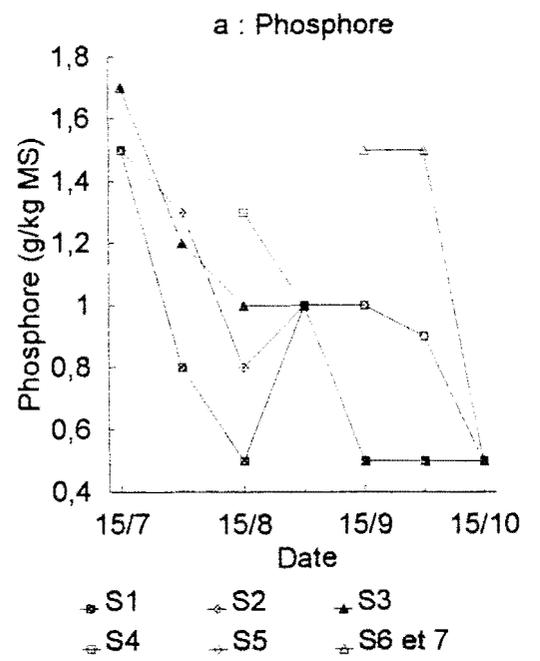
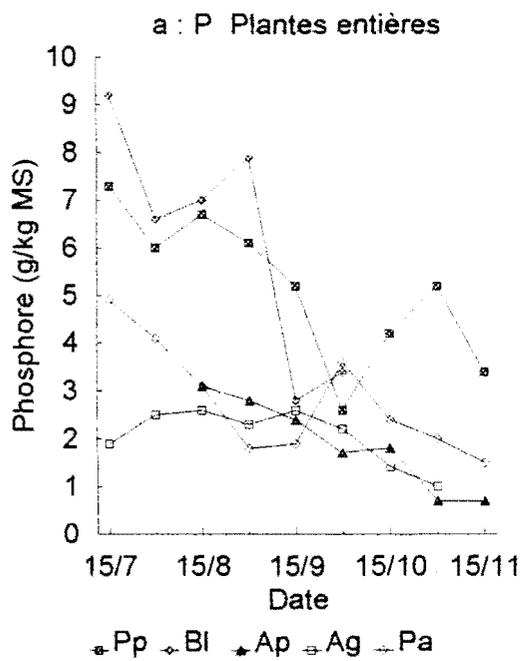
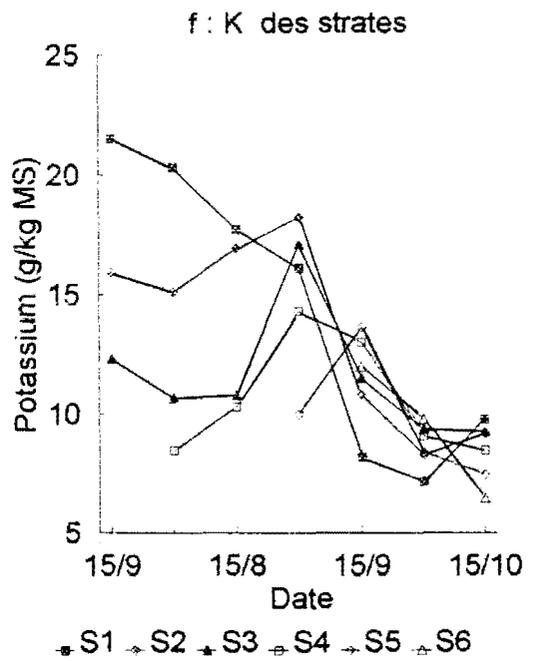
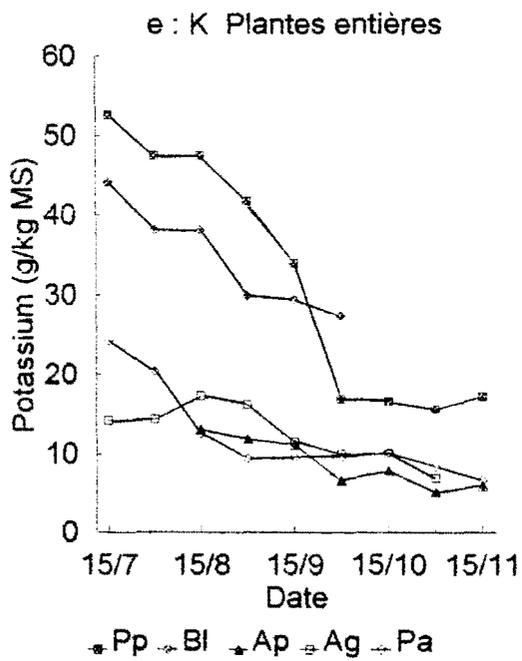
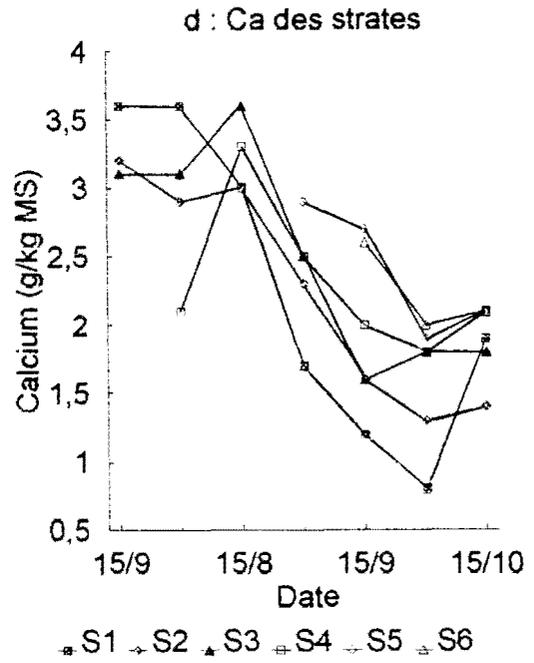
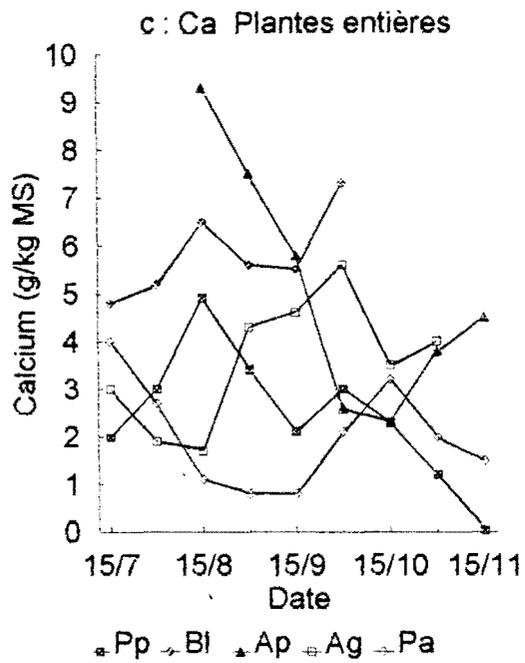


Figure V-3.1 : Suite



la proportion de tiges puisque les limbes et gaines ont des teneurs en cendres pratiquement constantes.

A un stade phénologique donné, la teneur en cendre est pratiquement constante le long de la plante de *A. gayanus*, la différence entre strate étant minime. Chaque strate connaît une évolution similaire à la plante entière avec des teneurs qui diminuent avec l'âge de la plante. Pour les 3 premières strates, la teneur diminue d'abord puis augmente tant que dure la nouvelle production des talles de 2ème génération, traduisant ainsi un apport de matériel plus jeune.

2.2- Teneurs en quelques éléments minéraux

2.2.1- Les plantes entières et les strates

Les éléments minéraux concernés à savoir : le phosphore, le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium ont été dosés uniquement sur les échantillons de graminées, et, selon l'espèce, sur 1 à 3 cycles pour les plantes entières, et seulement sur un cycle pour les différents organes (feuilles, tiges et inflorescences). Par ailleurs, ces minéraux ont été déterminés dans les différentes strates définies pour *A. gayanus*.

Phosphore et calcium

les teneurs moyennes en P s'échelonnent entre 3.6 et 1.3 g/kg MS selon l'espèce (tableau V-5a), et la différence entre espèce observée pour la teneur en cendres se retrouve pour le P. Les deux graminées annuelles les plus riches *P. pedicellatum* et *B. lata* ont des teneurs moyennes presque doubles des autres. Pour une plante donnée les teneurs diminuent avec l'âge du fourrage, mais plus ou moins rapidement suivant l'espèce (figure V-3.1a).

Au début du tallage, chez *A. gayanus*, la teneur en P est d'autant plus élevée que la strate est haute. Ces teneurs diminuent au cours du tallage pour être à une valeur de 1 g/kg MS quelle que soit la strate au début de la montaison. Elles continuent de décroître

Tableau V-5a : Composition minérale (g/kg MS) des plantes entières de graminées : effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

	<i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gavanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>B. lata</i>	<i>A. psedapricus</i>
P	28 3,6 7,3 - 1,0	28 1,3 2,6 - 0,5	21 1,8 4,9 - 0,5	16 3,1 9,2 - 0,5	6 1,7 3,1 - 0,7
K	28 30,8 53 - 13	28 12,2 19 - 7	21 10,9 24 - 0,5	16 26,2 44 - 7	6 8,3 13 - 5
Ca	28 2,7 4,9 - 2,0	28 2,8 5,6 - 1,6	21 2,0 4,0 - 0,8	16 4,7 6,5 - 3,3	6 4,7 9,3 - 2,3
Mg	18 3,0 4,4 - 2,1	15 2,3 3,8 - 1,3	9 2,0 3,1 - 1,3	12 4,7 6,5 - 3,6	6 3,2 4,7 - 2,0
Na	18 0,16 0,2 - 0,1	15 0,10 0,3 - 0,1	9 0,10 0,10	10 0,13 0,2 - 0,1	

Tableau V-5b : Composition minérale (g/kg MS) des différents organes des graminées : effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

ESPECES	FEUILLES				TIGES				INFLORESCENCES			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
<i>P. pedicellatum</i>	8 4,4 7,3-1,9	8 29,6 53-11	8 3,3 5,4-2,0	8 3,4 5,1-2,5	8 3,8 5,7-1,8	8 24,2 52-15	8 0,7 3,6-0,05	8 2,5 3,3-2,0	4 4,4 5,1-3,7	4 11,2 13-9	4 1,2 1,8-0,9	4 2,3 3,0-1,3
<i>A. gavanus</i>	6 2,3 2,6-2,1	6 13 17-10	6 3,5 5,0-1,7	6 3,4 4,2-2,8	6 1,8 3,9-0,3	6 8,1 8,8-7,2	6 2,2 2,6-1,5	6 2,4 3,9-1,4				
<i>P. anabaptistum</i>	8 3,2 4,9-1,8	8 12,2 24-5	8 2,8 4,0-1,3	8 2,4 3,3-1,6	8 1,9 3,0-0,8	8 10,5 23-7	8 0,1 0,4-0,05	8 1,0 2,0-0,4				
<i>B. lata</i>	6 6,3 9,2-4,9	6 34,9 44-23	6 11,1 15,7-4,8	6 6,3 7,2-5,7	6 2,9 4,5-1,3	6 41 48-36	6 3,0 4,6-1,6	6 5,5 7,5-3,8	3 5,8 7,0-5,1	3 17,4 22-17	3 7,1 12,7-3,4	3 3,3 43,9-2,4
<i>A. pseudapricus</i>	4 2,3 3,5-0,8	4 8,8 13-7	4 6,5 9,3-4,4	4 3,1 4,7-1,9	4 1,1 1,8-0,2	4 7,7 11,5-4,8	4 2,5 4,9-0,8	4 2,8 4,2-1,9	2 2,8 3,3-2,3	2 6,4 6,4	2 2,8 2,9-2,6	2 0,25 0,26-0,2

rapidement et de façon identique dans les strates 1, 2 et 3 et plus lentement dans les strates 4 et 5. A la fin du cycle, on se retrouve avec des teneurs de 0.5 g/kg MS également réparties sur toute la plante (figure V-3.1b).

Dans le cas du Ca, 2 graminées annuelles, *B. lata* et *A. pseudapricus*, se distinguent des autres avec une teneur moyenne de 4.7 g/kg MS, qui est 1.7 et 2.4 fois plus élevée que celles respectives de *P. pedicellatum*, *A. gayanus* et *P. anabaptistum* (tableau V-5a). L'évolution du Ca est moins nette que celle du P. Les diminutions avec l'âge plus faibles et les teneurs plus fluctuantes, traduisent pour certaines espèces une stabilité relative en cet élément (figure V-3.1c).

Au stade phénologique du tallage, les parties les plus basses de *A. gayanus* sont les plus riches en Ca contrairement à ce qui est observé avec le P. Les teneurs des strates diminuent progressivement dès la montaison à une vitesse d'autant plus grande que la strate est basse et ce jusqu'à l'épiaison. Au delà, la tendance semble s'inverser (figure V-3.1d).

Le rapport Ca/P des plantes entières de ces 5 graminées varie entre 0.8 et 2.8. Il s'accroît considérablement avec l'âge; les valeurs passent presque du simple au double, du stade phénologique du tallage à la fin du cycle.

Magnésium, potassium et sodium

La fourchette des teneurs moyennes en Mg des graminées étudiées est identique à celle du Ca (2.0 à 4.7 g/kg MS), avec par ailleurs pour chaque espèce une évolution au cours du cycle très similaire. Les graminées annuelles sont plus riches que les vivaces, et *B. lata* se distingue au sein des annuelles par une teneur plus élevée (4.7 g/kg MS)(tableau V-5a).

Les teneurs en K sont les plus élevées de tous les minéraux dosés. Elles peuvent dépasser 50 g/kg MS pour les jeunes pousses de *P. pedicellatum*. Les annuelles, exception faite de *A. pseudapricus*, sont nettement plus riches en K que les pérennes.

Les teneurs en K des plantes entières diminuent chez toutes les espèces avec l'avancée de la saison (figure V-3.1e); le même phénomène s'observe pour chacune des

strates de *A. gayanus*. Pendant toute la durée du tallage, la strate 1, la plus basse, a les teneurs les plus élevées. Ces teneurs diminuent lorsque l'on se déplace vers le sommet de la plante. A partir de la montaison, une nouvelle organisation s'opère avec une teneur plus élevée dans les strates de plus en plus hautes traduisant une migration de la base vers le sommet. Cette augmentation se poursuit jusqu'à l'épiaison au delà de laquelle une régression s'amorce et à la dissémination des graines l'organisation le long de la plante est identique à celle observée au tallage, les teneurs diminuant de la base vers le sommet (figure V-3.1f).

De tous les éléments minéraux dosés, les teneurs en Na des plantes ou des strates sont les plus faibles : environ 0.1 g/kg MS; elles sont par ailleurs invariables tout au long de la saison.

2.2.2- Les différents organes

A l'exception du K chez *B. lata*, les teneurs de tous les éléments P, K, Ca et Mg, sont plus importantes dans les feuilles que dans les tiges des graminées (tableau V-5b). Seules les inflorescences de *P. pedicellatum* et *B. lata* sont analysées. La teneur en phosphore des inflorescences de *P. pedicellatum* est proche de celle des feuilles (même constat pour le P et Ca de *B. lata*) alors que les teneurs en autres éléments de *P. pedicellatum* se rapprochent plutôt de celles des tiges, et que les teneurs en K et Mg des inflorescences de *B. lata* sont inférieures à celles des tiges.

En ce qui concerne l'évolution des teneurs en minéraux de la plante entière, qui est la résultante de celle des organes constitutifs, 3 cas de figure sont observés :

1)- L'évolution pour la plante traduit celle dans le même sens, observée pour les 2 composants feuilles et tiges (10 cas sur les 20 observations).

2) - Un seul organe (soit les feuilles soit les tiges) impose à la plante son évolution. Le second constituant, dans ce cas, est stable ou a des teneurs quasi nulles comme dans le cas du Ca des tiges de *P. pedicellatum* (8 cas sur les 20).

Figure V-3.1g : Evolution en fonction du temps des teneurs en minéraux des racines d'*Andropogon gayanus*.

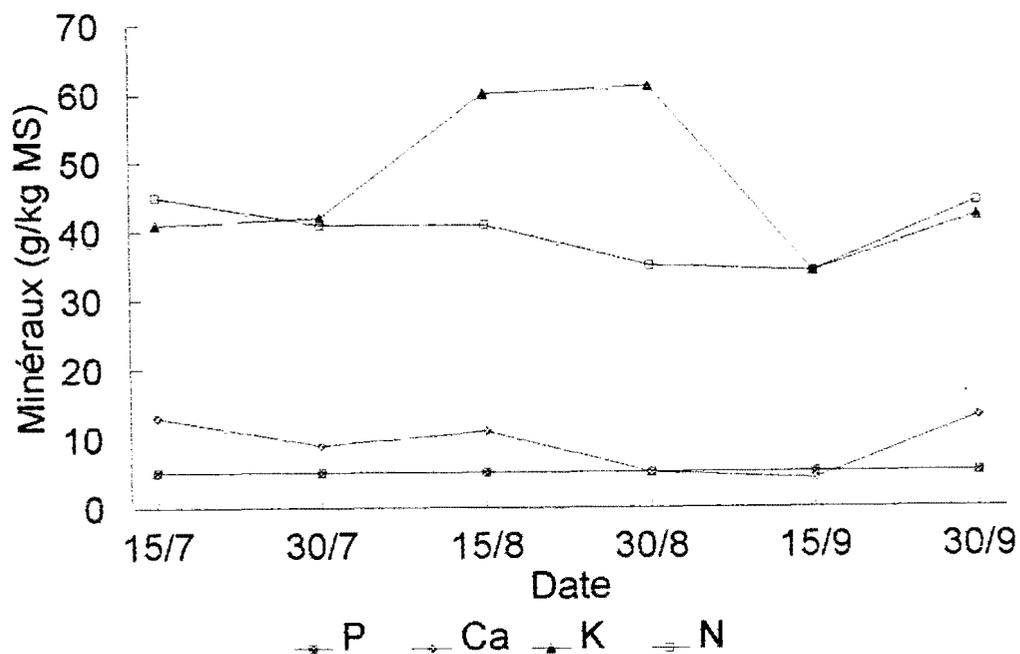


Tableau V-6 : Teneurs en oligoéléments (mg/kg MS) des plantes entières de graminées:

	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>P. pedicellatum</i> (n = 8)	7,0 8,8 - 4,7	160,8 213,5 - 103,1	79,2 121,2 - 53,3	27,6 31,0 - 20,9
<i>A. gayanus</i> (n = 7)	3,5 5,5 - 2,2	268,9 362,0 - 162,6	103,6 131,4 - 83,3	19,7 26,4 - 15,4
<i>P. anabaptistum</i> (n = 8)	5,1 6,7 - 3,7	151,1 185,1 - 117,9	175,9 232,2 - 107,0	20,4 28,4 - 16,3
<i>B. lata</i> (n = 6)	4,6 5,8 - 3,1	433,5 596,7 - 282,4	63,8 75,9 - 46,0	31,2 34,6 - 24,6

3) - D'une façon moins fréquente (2 cas sur 20) pour le Ca de *B. lata* et plus nettement pour le Mg de *A. gayanus*, une relative stabilité des teneurs de la plante entière est la résultante de 2 évolutions inverses dans les tiges et les feuilles de la plante.

2.2.3- Les racines de *A. Gayanus*

Dans les racines de *A. gayanus* on a déterminé les teneurs en différents minéraux aux mêmes dates que dans la partie aérienne en 1988. Leur évolution est représentée à la figure

V-3.1g. On note une baisse régulière de l'azote racinaire depuis le tallage, puis une remontée des teneurs vers la fin du cycle.

L'évolution du K racinaire se traduit par une augmentation de la teneur dès le début de la saison des pluies. Elle atteint un maximum à la montaison, puis chute jusqu'à l'épiaison avant de remonter par la suite.

Le P et le Na racinaire sont invariables. Le Ca accuse une tendance à la baisse et une remontée à la fin du cycle comme l'azote et le potassium (figure V-3.1g).

2.3- Les oligo-éléments

Seuls quelques échantillons de plante entière de fourrage de graminées ont servi à la détermination des oligo-éléments suivants : Cu, Fe, Mn et Zn. En raison du nombre limité de données par cycle, les tendances évolutives ne sont pas toujours nettement décelables, et nous nous limiterons qu'aux teneurs moyennes qui sont données au tableau V-6.

On remarque qu'il n'existe pas une hiérarchisation fixe des espèces du point de vue teneur en différents oligo-éléments. C'est ainsi que les teneurs les plus élevées en Cu (6.67 mg/Kg MS) sont retrouvées chez *P. pedicellatum*; celles en Fe et Zn (433.5 et 31.2 mg/Kg MS) chez *B. lata* et celle en Mn (175.9 mg/Kg MS) chez *P. anabaptistum*. Aussi, les différences de teneurs moyennes entre espèces peuvent être considérables. Elles varient entre les valeurs extrêmes des différentes espèces de 1 à respectivement 2.0; 2.6; 2.7 et 1.55 fois le Cu, le Fe, le Mn et le Zn.

Tableau V-7 : Teneurs en MAT (g/kg MS) des plantes entières et organes de graminées (a), des légumineuses et du pâturage (b) et comparaison des teneurs moyennes des graminées annuelles (Ga), graminées vivaces (Gv), légumineuses (Lé) et du pâturage (Pg) : effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

(a)

Espèces	Plante entière	Feuilles	Tiges	Inflorescences
<i>P. pedicellatum</i>	34	15	15	6
	59,4	65,6	28,3	58,9
	168,3 - 9,2	136,9 - 23,4	71,2 - 10,4	64,2 - 52,8
	ab	a	b	ab
<i>B. lata</i>	24	20	20	11
	83,3	138,7	70,5	87,6
	221,5 - 20,0	183,5 - 91,9	120,1 - 23,8	125,3 - 60,4
	b	a	b	b
<i>A. pseudapricus</i>	8	5	5	
	33,8	49,0	23,5	
	71,3 - 10,2	81,3 - 17,5	29,7 - 17,8	
	a	a	b	
<i>P. anabaptistum</i>	28	20	20	7
	48,8	53,9	20,9	56,7
	118,4 - 17,1	89,0 - 21,9	36,3 - 11,1	83,8 - 31,2
	a	a	b	a
<i>A. gayanus</i>		Limbes	Gaines	Tiges
	27	8	8	6
	45,1	59,7	30,7	20,2
	103,5 - 15,3	77,1 - 46,3	45,9 - 9,7	43,8 - 8,9
	a	b	b	

(b)

Légumineuses	<i>A. ovalifolius</i>	<i>S. erecta</i>	<i>Z. glochidiata</i>
	7	7	6
	126,5	90,2	132,2
	159,7 - 92,5	103,6 - 69,2	154,4 - 105,0
	a	b	a
Pâturage	PGa	PGv	PBf
	7	8	8
	40,2	46,4	54,3
	62,5 - 20,3	67,7 - 31,3	67,7 - 30,2
	a	a	a

(c)

Ga	Gv	Lé	Pg
66	55	20	30
65,0	47,0	115,5	45,7
221,5 - 9,2	118,4 - 15,3	159,7 - 69,2	81,2 - 20,3
ac	ab	a	d

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont notées entre espèces pour les plantes entières et au sein de l'espèce entre organes.

Figure V-4 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en matières azotées totales

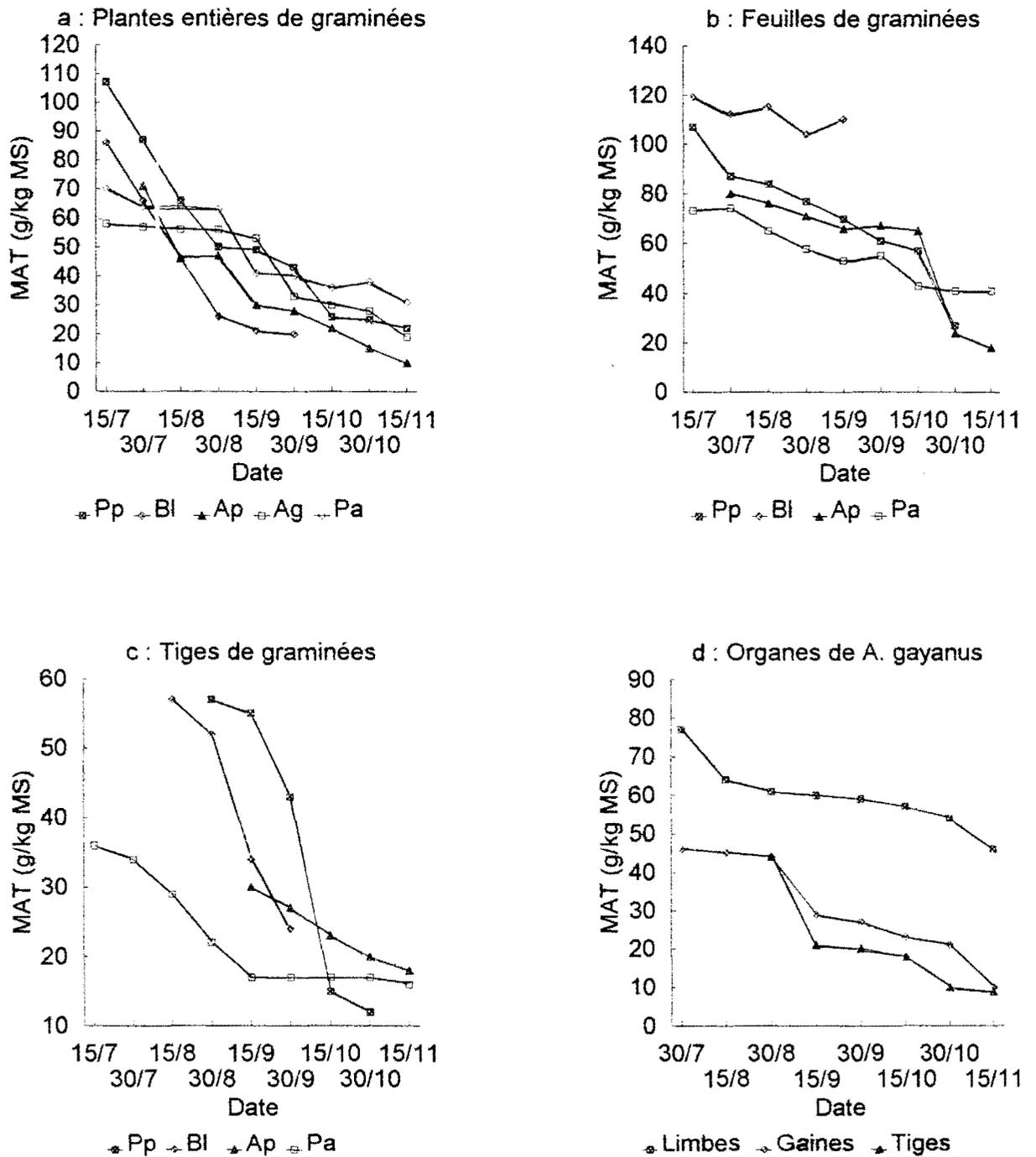


Figure V-4 : Suite

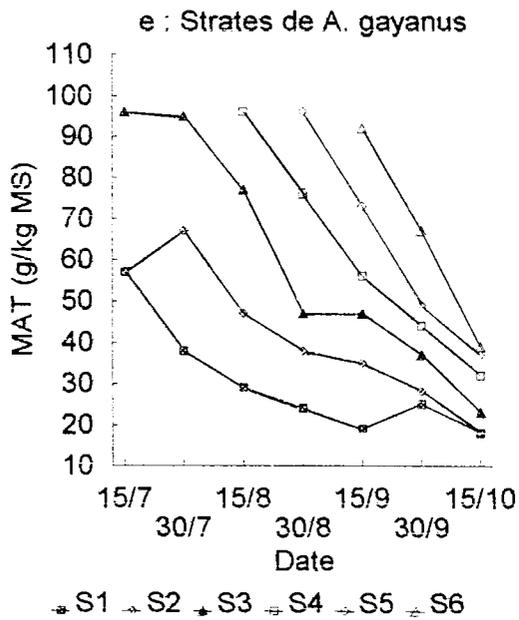
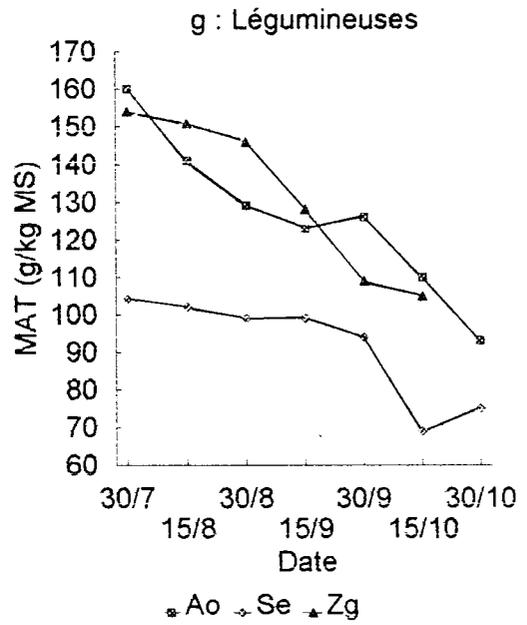
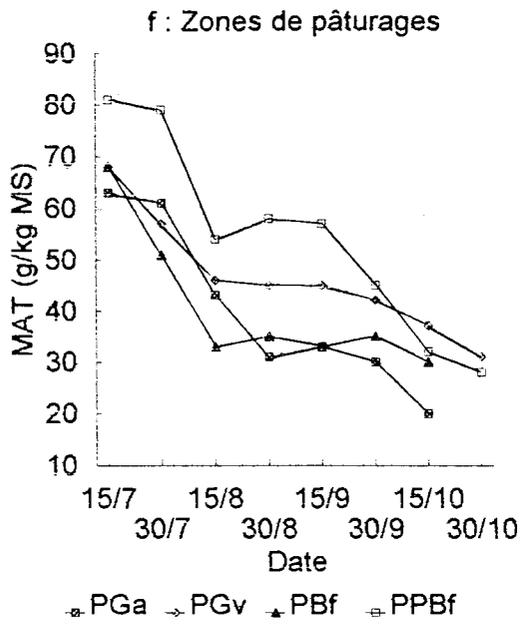
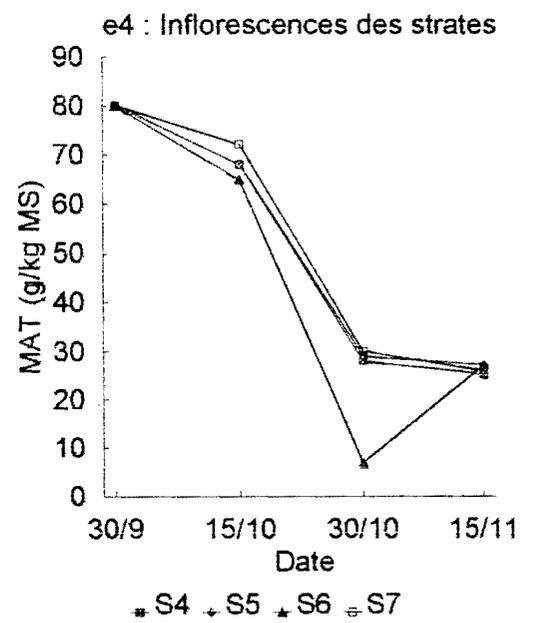
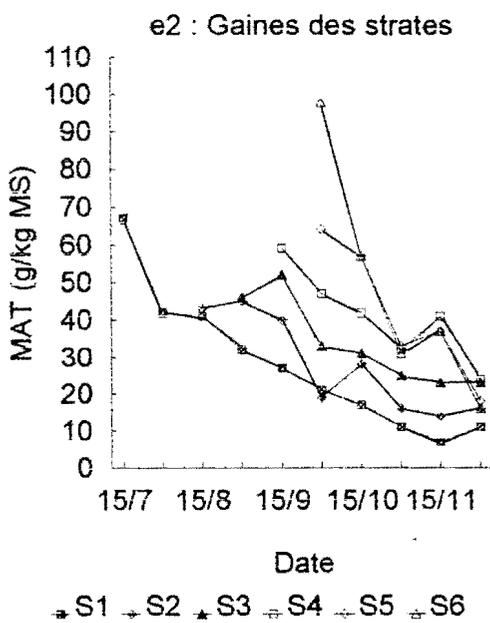
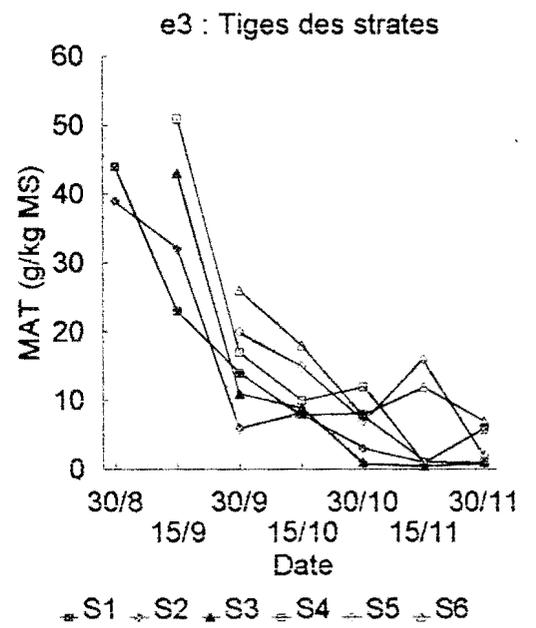
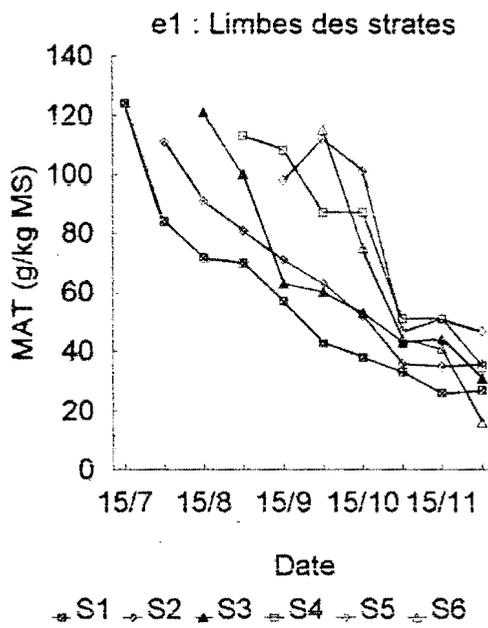


Figure V-4 : Suite



3- Les matières azotées totales

Les teneurs moyennes en matières azotées totales des 5 graminées sont faibles : elles varient de 33.8 à 83.3 g/Kg MS (tableau V-7a). Elles sont significativement plus élevées ($p < 0.05$) pour les graminées annuelles que pour les vivaces (tableau V-7c).

La diminution des teneurs avec l'âge, plus brutale en début de végétation pour les annuelles, est souvent très importante au cours du cycle (figure V-4a). Elle est le fait d'une diminution simultanée des teneurs dans les 2 organes, feuilles et tiges (figures V-4 b,c et d) qui diffèrent significativement chez toutes les espèces (tableau V-7a). Les feuilles ont des teneurs au moins doubles de celles des tiges.

La variation inter-annuelle n'est trouvée que pour une seule espèce *B. lata*, pour laquelle les teneurs de 1989 sont plus élevées qu'en 1990, celles de 1987 étant intermédiaires.

Pour chacune des strates de *A. gayanus* l'effet du vieillissement est montré par la diminution dans le temps des teneurs, mais ces teneurs sont d'autant plus élevées que la strate est haute et constituée de matériel plus jeune (figure V-4e).

On remarque, par ailleurs, que les teneurs des tiges des différentes strates restent dans une fourchette assez faible (45 à 5 g/kg MS). Pourtant, comme pour les limbes et gaines, les teneurs des strates les plus hautes sont doubles de celles les plus proches du sol (du moins jusqu'à l'épiaison) et, durant cette même période, pour une strate donnée, la diminution avec l'âge est plus forte dans les tiges (figures V-4e1 à V-4e4).

Les différents pâturages ont tous une évolution semblable de leur teneur en MAT (figure V-4f); on note sur les courbes obtenues, de la montaison à l'épiaison ou la fructification, une certaine stabilité qui est très caractéristique de l'évolution de cet élément.

Comme on pouvait s'y attendre, les légumineuses sont plus riches en MAT que les graminées et le pâturage naturel (tableau V-7b). Les différences sont considérables, et en

Tableau V-8 : Teneurs en matières grasses (g/kg MS) des plantes entières de graminées : Effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

<i>P. pedicellatum</i>	<i>B. lata</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. gayanus</i>
19	10	12	20
15,2	13,0	9,8	13,0
23 - 9,9	17,9 - 7,8	17,4 - 3,3	18,8 - 6,1
a	ab	b	ab

p<0,001

Tableau V-9 : Teneurs en NDF (g/kg MS) des plantes entières et organes de graminées (a), des légumineuses et du pâturage (b) et comparaison des teneurs moyennes en constitutants pariétaux des graminées annuelles (Ga), graminées vivaces (Gv), légumineuses (Lé) et du pâturage (Pg) : effectifs; teneurs moyennes et extrêmes.

(a)

Espèces	Plante entière	Feuilles	Tiges	Inflorescences
<i>P. pedicellatum</i>	21	15	15	6
	725,7	690,6	817,7	755,6
	558,6 - 837,1	615,1 - 760,2	744,7 - 868,9	699 - 829
	a	a	b	c
<i>B. lata</i>	19	18	18	11
	717,8	681,6	728,0	711,3
	553,3 - 20,0	601,1 - 810,9	685,3 - 788,6	627,2 - 843,3
	a	a	b	b
<i>A. pseudapricus</i>	8		5	
	780,4		872,6	
	707,2 - 849,5		834,7 - 913,5	
	ab			
<i>P. anabaptistum</i>	22	19	19	7
	786,1	737,2	834,8	782,5
	697,9 - 833,6	658,1 - 799,2	784,9 - 882,9	763,3 - 848,3
	b	a	b	c
<i>A. gayanus</i>		Limbes	Gaines	Tiges
	20	8	8	5
	774,2	732,5	764,5	830,9
	658,3 - 856,5	693,4 - 773,5	707,6 - 797,0	753,9 - 873,3
	ab	a	a	b

(b)

Légumineuses	<i>A. ovalifolius</i>	<i>S. erecta</i>	<i>Z. glochidiata</i>
	7	7	6
	653,5	669,2	662,3
	506,1 - 606,0	477,6 - 673,1	509,4 - 673,9
	a	a	a
Pâturage	PGa	PGv	PBf
	7	8	8
	758,4	766,9	722,2
	692,7 - 818,6	715,9 - 796,9	686,3 - 754,1
	a	a	a

(c)

	Ga (n=48)	Gv (n=41)	Lé (n=20)	Pg (n=30)
NDF	731,7 b	775,8 ab	561,9 a	744,6 bc
ADF	405,1 a	437,7 b	433,6 abc	433,6 ab
ADL	43,7 a	64,2 b	102,6 c	61,4 b
Hémicellulose	326,6 bc	338,1 c	121,1 a	310,3 b
Cellulose	361,4 a	373,5 a	338,2 a	372,3 a

Les différences significatives (p<0,05) sont notées entre espèces pour les plantes entières et au sein de l'espèce entre organes.

fin de cycle, les plantes entières de *Z. glochidiata* et *A. ovalifolius* ont des teneurs proches des jeunes feuilles des Ga et supérieures aux feuilles ou limbes des graminées vivaces.

La teneur en MAT de *S. erecta* évolue de façon similaire à celle des 2 autres légumineuses (figure V-4g) mais est, en moyenne, plus faible : 90.2 contre 126.6 et 132.2 g/kg MS pour *A. ovalifolius* et *Z. glochidiata* respectivement.

4 - L'extrait étheré

Les matières grasses correspondant à l'extrait étheré n'ont été déterminées que sur les plantes entières de 4 graminées en 1987 et 1988. Elles n'ont concerné de ce fait qu'un nombre limité d'échantillons, entre 10 et 20 par espèces.

Bien que l'analyse statistique ait révélé des différences significatives entre espèces à l'exception de *A. gayanus* et *B.lata*, ces teneurs sont toutes faibles. Elles n'ont jamais excédé 23 g/kg MS (tableau V-8), et tendent à diminuer avec le vieillissement de la plante.

L'augmentation des teneurs à partir du bas de la plante est par contre nettement perçue au niveau des différentes strates.

5 - Les constituants pariétaux

5.1- Les critères de Van-Soest

5.1.1- Neutral detergent fiber (NDF)

Les teneurs moyennes en parois totales (NDF) des graminées sont très élevées, entre 720 et 790 g/kg MS. Les 2 Ga : *P. pedicellatum* et *B. lata* ont des teneurs équivalentes et significativement plus faibles que les Gv (tableau V-9a).

Lorsque l'on s'intéresse aux différents organes constitutifs du fourrage, quelle que soit l'espèce, les feuilles ou les limbes et les gaines contiennent beaucoup moins de NDF que les tiges, alors que les inflorescences ont des teneurs intermédiaires.

Figure V-5 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en NDF.

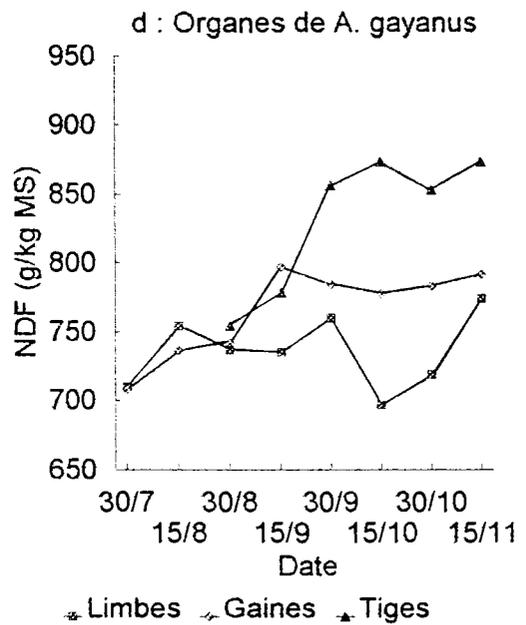
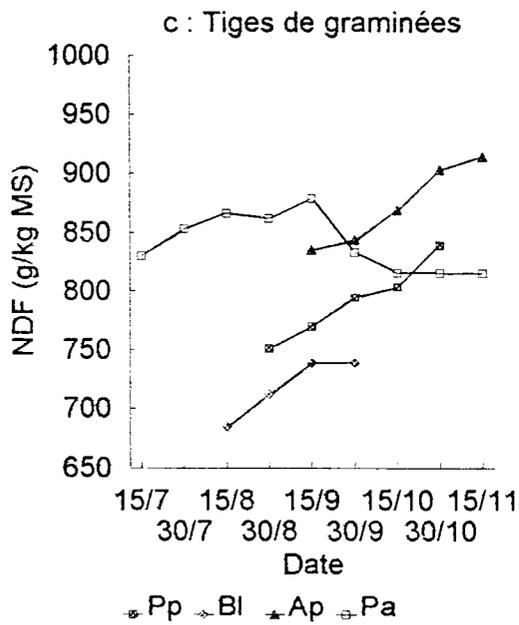
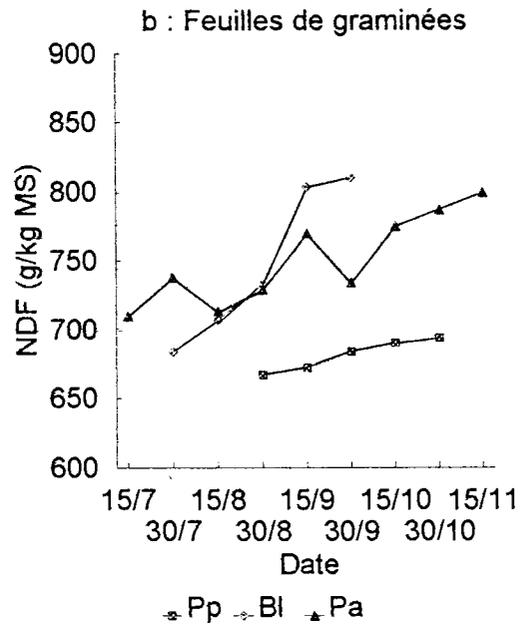
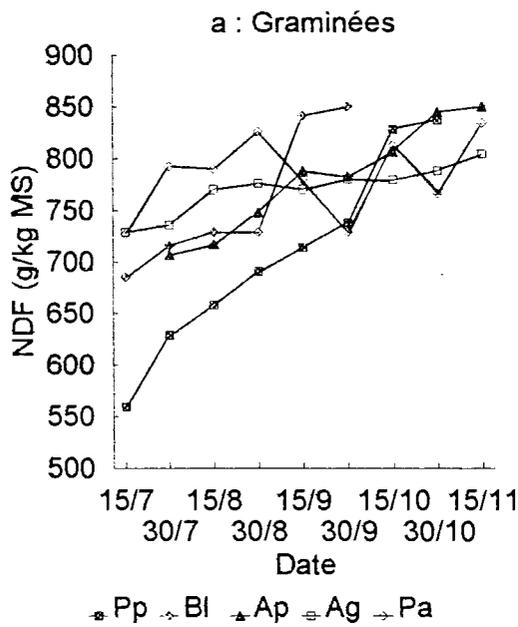
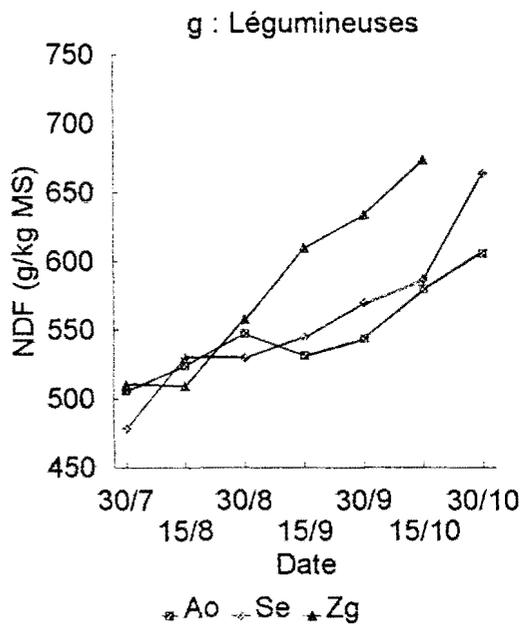
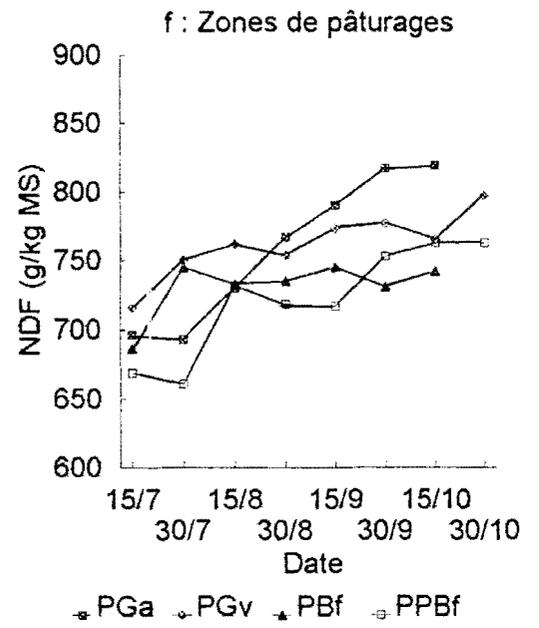
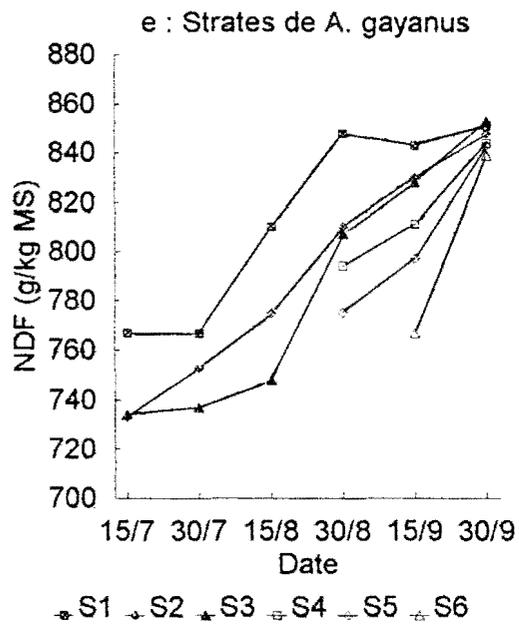


Figure V-5 : Suite



Ces teneurs moyennes au premier cycle ne varient guère d'une année à l'autre pour les graminées à l'exception de l'espèce *B. lata* pour laquelle une variabilité inter-annuelle significative ($p < 0.05$) s'est manifestée par des teneurs plus faibles dans les feuilles et les tiges en 1989.

Du point de vue de l'évolution, elle est bien évidemment inverse de celle enregistrée avec les MAT. Les teneurs s'accroissent avec l'avancée du cycle. Sur les cycles de 1989 et 1990 les augmentations chez les Ga, qui sont de 3.4; 2.4 et 1.4 g/kg MS/jour pour respectivement *B. lata*, *P. pedicellatum* et *A. pseudapricus*, s'accroissent considérablement à la floraison et à la dissémination chez *P. pedicellatum* et *B. lata* respectivement. Chez les vivaces les augmentations sont plus faibles, environ 0.86 g/kg MS/j, irrégulières chez *P. anabaptistum* dont les fluctuations conduisent à une certaine stabilité pendant la majeure partie du cycle (figure V-5a).

L'enrichissement en NDF avec le temps n'est pas similaire suivant les organes. Il est plus important pour les feuilles de *B. lata* et *P. anabaptistum* et au contraire pour les tiges de *P. pedicellatum* et *A. gayanus* (figure V-5b, c et d). Ce sont ces mêmes organes qui selon l'espèce influenceront plus particulièrement l'évolution globale de la plante entière comme cela est confirmé par les coefficients de corrélation obtenus entre la composition chimique de la plante entière et des différents organes (tableau annexe V-4).

Comme pour la plante entière, la teneur en NDF de chacune des strates de *A. gayanus* augmente avec la succession des stades phénologiques. Ces teneurs, à une date donnée, sont d'autant plus fortes que la strate est basse. Cependant, à partir de l'épiaison les différences entre strates s'amenuisent du fait de l'apparition des épis et de leur développement. A la fin du cycle, les teneurs sont pratiquement les mêmes pour toutes les strates et de l'ordre de 840 g/kg MS (figure V-5e).

Les teneurs dans le pâturage naturel sont identiques dans les 4 zones (figure V-5f) et se situent entre celles des Ga et des Gv (tableau V-9c).

Tableau V-10 : Teneurs moyennes et variations (g/kg MS) en acid detergent fibre (ADF) et en acid detergent lignin (ADL) des plantes entières et organes de graminées.

ESPECES		PLANTES ENTIERES	FEUILLES	TIGES	
<i>P. pedicellatum</i>	ADF	427,1 ± 83,3	361,8 ± 57,2	542,5 ± 47,1	
	ADL	46,6 ± 18,8	33,4 ± 11,8	77,0 ± 23,6	
<i>B. lata</i>	ADF	364,7 ± 40,8	302,1 ± 22,3	426,8 ± 20,9	
	ADL	40,3 ± 9,6	31,8 ± 6,0	51,5 ± 7,2	
<i>A. pseudapricus</i>	ADF	436,7 ± 65,4	418,2 ± 17,6	566,4 ± 20,0	
	ADL	43,7 ± 10,1	45,1 ± 6,6	73,2 ± 7,9	
<i>P. anabaptistum</i>	ADF	423,2 ± 22,8	357,9 ± 26,7	494,1 ± 17,0	
	ADL	70,3 ± 15,4	58,1 ± 11,5	89,0 ± 8,0	
<i>A. gayanus</i>			LIMBES	GAINES	TIGES
	ADF	453,0 ± 58,4	392,2 ± 14,4	451,3 ± 8,8	546,7 ± 17,1
	ADL	57,9 ± 15,9	44,0 ± 2,8	58,8 ± 5,1	76,8 ± 8,0

Tableau V-11 : Teneurs moyennes et variations (g/kg MS) en Cellulose (1) et Hémicellulose (2) des plantes entières et organes de graminées.

ESPECES		PLANTES ENTIERES	FEUILLES	TIGES	
<i>P. pedicellatum</i>	1	298,6 ± 26,6	306,4 ± 26,4	275,2 ± 17,2	
	2	380,5 ± 68,4	328,4 ± 49,3	465,5 ± 27,2	
<i>B. lata</i>	1	353,0 ± 43,8	372,4 ± 54,6	302,2 ± 31,5	
	2	323,6 ± 33,4	270,3 ± 20,4	465,5 ± 18,0	
<i>A. pseudapricus</i>	1	337,0 ± 25,9	-	306,2 ± 14,4	
	2	401,1 ± 56,0	373,1 ± 20,1	493,2 ± 13,9	
<i>P. anabaptistum</i>	1	354,1 ± 26,6	379,3 ± 34,0	340,7 ± 20,9	
	2	352,9 ± 13,3	299,9 ± 24,8	405,1 ± 14,2	
<i>A. gayanus</i>			LIMBES	GAINES	TIGES
	1	321,2 ± 26,4	392,2 ± 15,6	317,4 ± 32,7	284,6 ± 43,2
	2	395,1 ± 43,3	348,3 ± 13,2	392,5 ± 12,9	469,8 ± 13,7

Figure V-6 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en ADF.

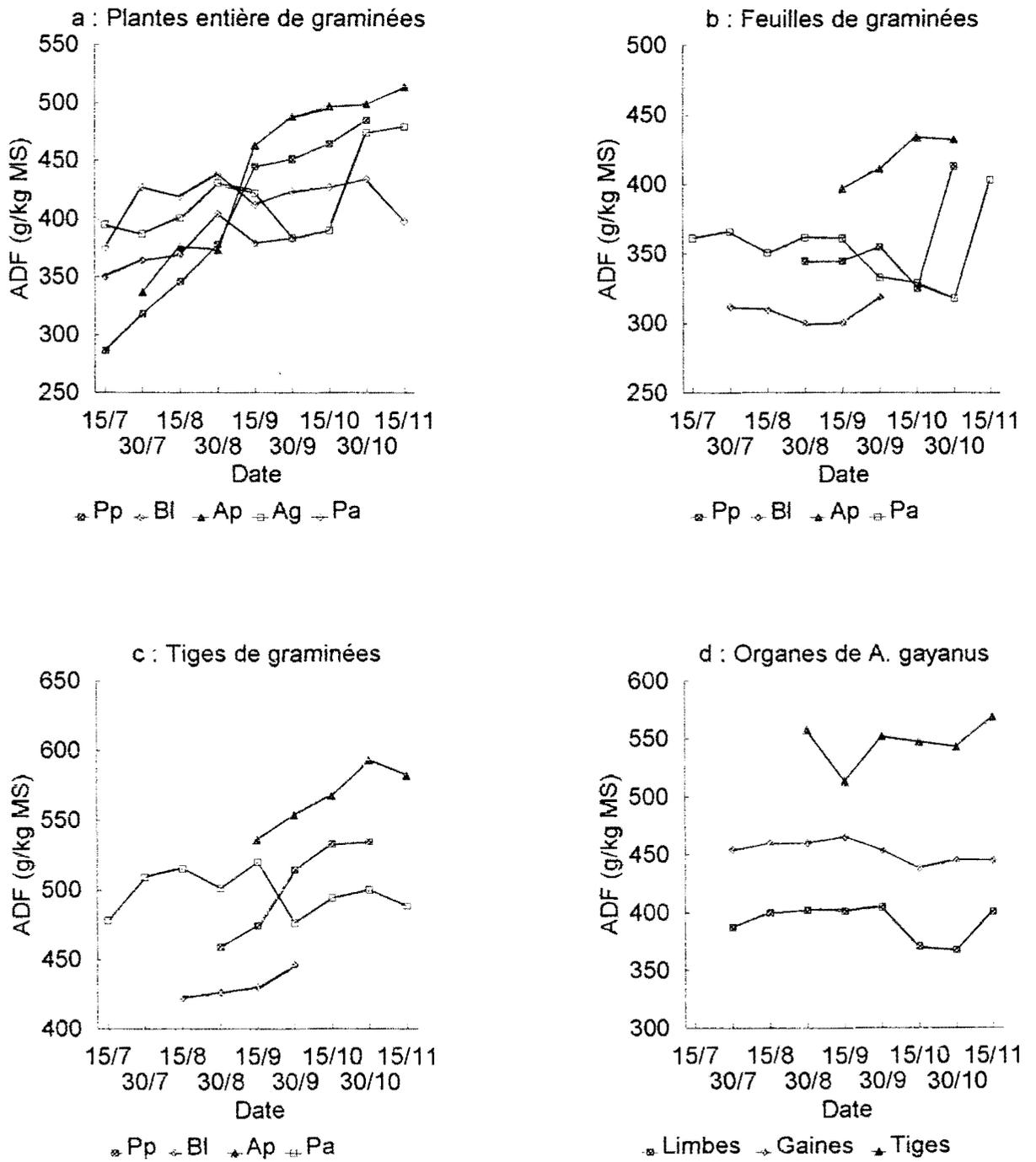
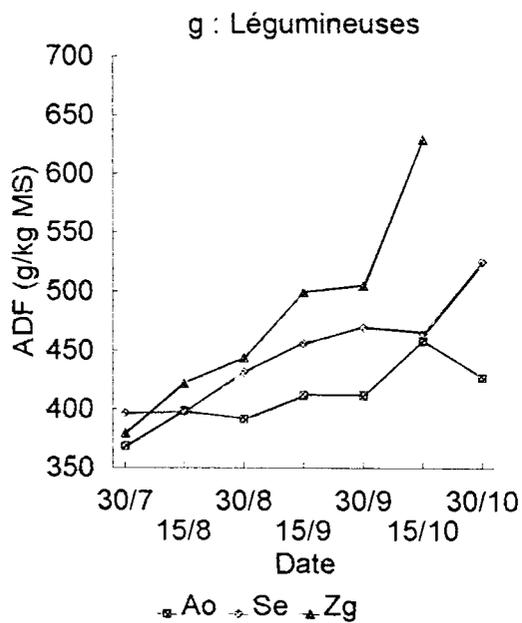
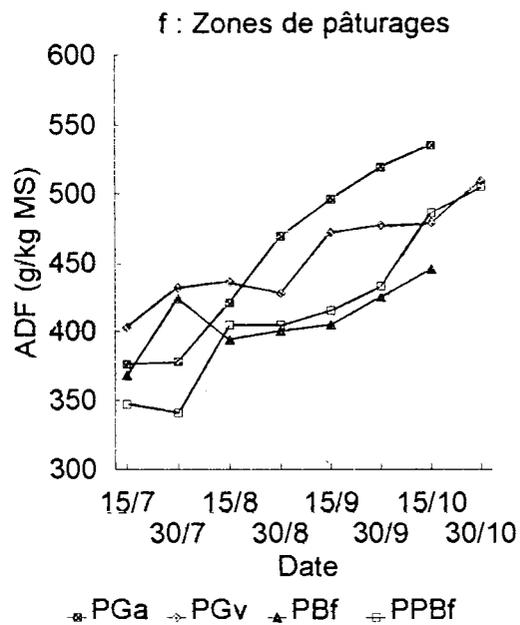
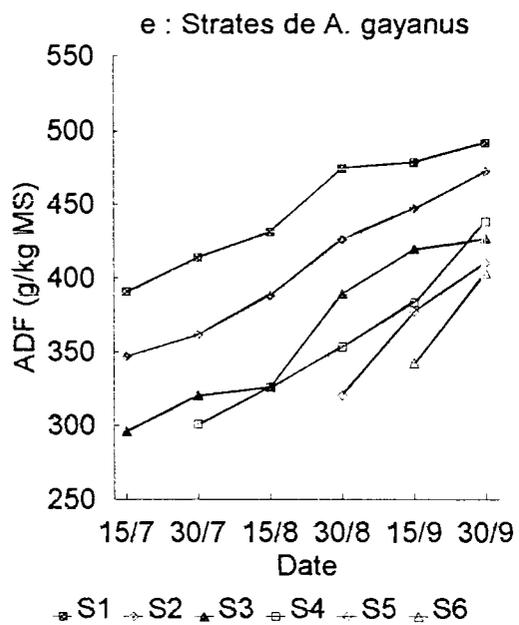


Figure V-6 : Suite



Les teneurs chez les 3 légumineuses, ne diffèrent pas significativement entre elles, évoluent de façon similaire à celle des autres espèces mais sont en moyenne inférieures de 170 et 214 g/kg MS à celles des Ga et des Gv respectivement.

5.1.2- L'acide detergent fiber (ADF)

La plage de variation des teneurs moyennes en ADF des plantes entières de graminées (de 364 à 453 g/kg MS) est semblable à celle des parois totales (tableau V-10). Des différences significatives sont notées aussi entre Ga et Gv de même qu'entre espèces à l'intérieur de ces 2 groupes.

Les teneurs des tiges sont élevées et toujours plus importantes que celles des feuilles. A l'exception de *A. pseudapricus* les teneurs en ADF des feuilles sont pratiquement invariables sur tout cycle, avec seulement une légère remontée qui intervient après la dissémination des graines lorsque le fourrage est assimilable à de la paille (figure V-6b et d).

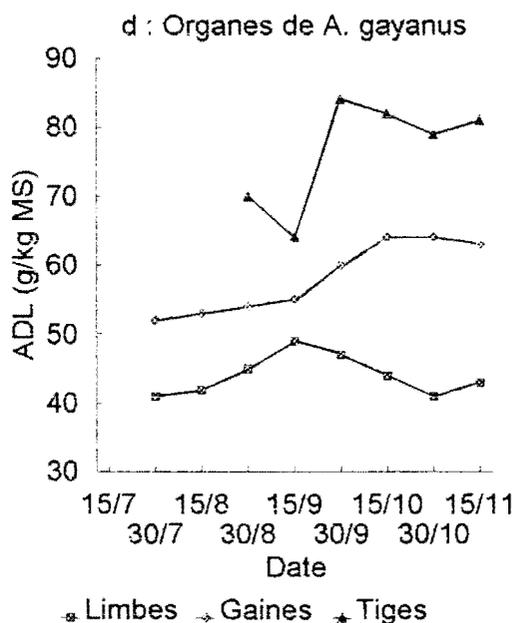
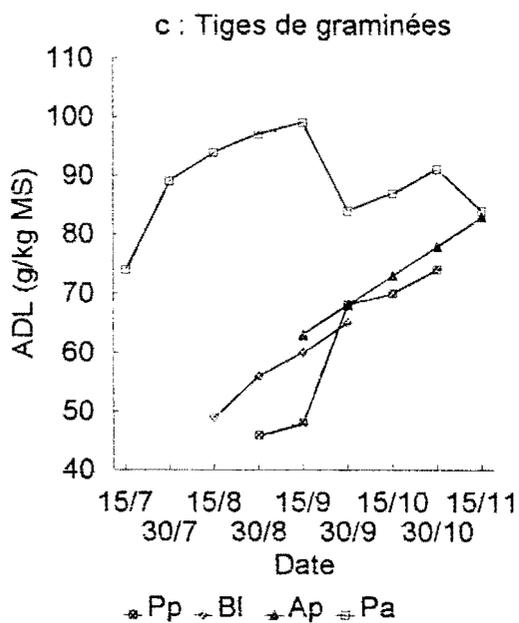
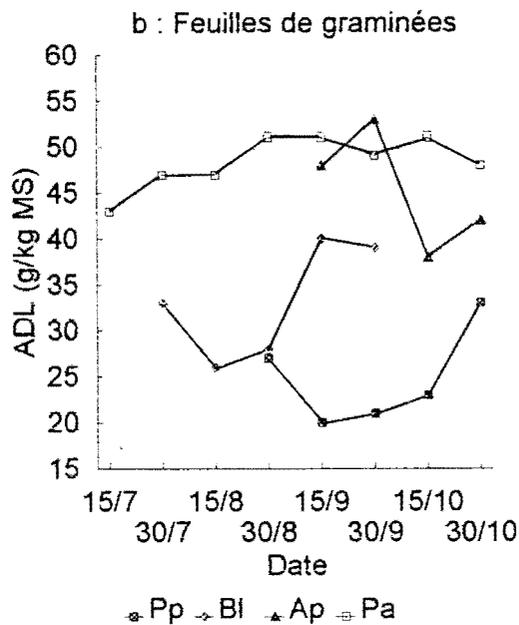
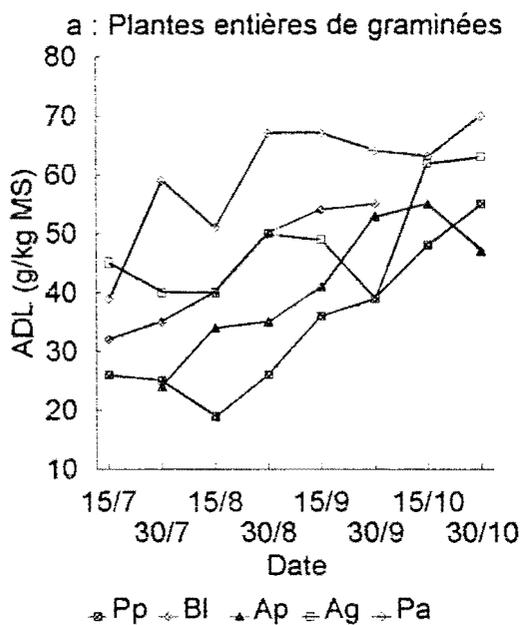
Cette quasi stabilité des teneurs est aussi remarquée pour les plantes entières et les tiges des vivaces et de *B. lata*. Par contre, l'évolution de l'ADF des tiges de *P. pedicellatum* et *A. pseudapricus* semble plus à l'origine de celle de ces plantes (figure V-6a et c), fait d'ailleurs confirmé par les relations reliant la composition chimique de la plante à celle des feuilles et des tiges (tableau annexe V-4).

Le schéma de la répartition des teneurs en ADF le long de la plante de *A. gayanus* (figure V-6e), rappelle beaucoup celui du NDF, à la seule petite particularité qu'à la fin du cycle, la hiérarchisation de départ entre strates est conservée alors qu'à la même période les teneurs en NDF étaient uniformément réparties le long de la plante.

Aucune zone de pâturage ou espèce de légumineuses (figure V-6f et g) ne se distingue lorsque la comparaison est faite à l'intérieur de ces groupes (tableau V-9c). Les teneurs moyennes des légumineuses sont assez proches de celles des graminées, alors que leurs teneurs en NDF, comme précédemment souligné, étaient bien inférieures.

D'ailleurs lorsque le contenu en ADF est exprimé en p.100 de l'ensemble des parois (NDF), il représente 50 et 64 p.100 du NDF des graminées et du pâturage et entre 73 et

Figure V-7 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en ADL.



84 p.100 de celui des légumineuses. Les proportions plus faibles pour les plantes jeunes (constituées surtout de feuilles) varient peu pour une espèce de graminée entre la montaison et la fructification.

5.1.3- L'acid detergent lignin (ADL)

Le tableau V-10 donne les teneurs moyennes en ADL des 5 graminées calculées sur leurs cycles de végétation. La plante de *B. lata* en contient le moins, 40.3 g/kg MS, quoique cette valeur ne diffère pas significativement ($p < 0.05$) de celle des autres annuelles, contrairement aux pérennes dont les teneurs sont élevées et représentent jusqu'à 7 p.100 de la MS de *P. anabaptistum*.

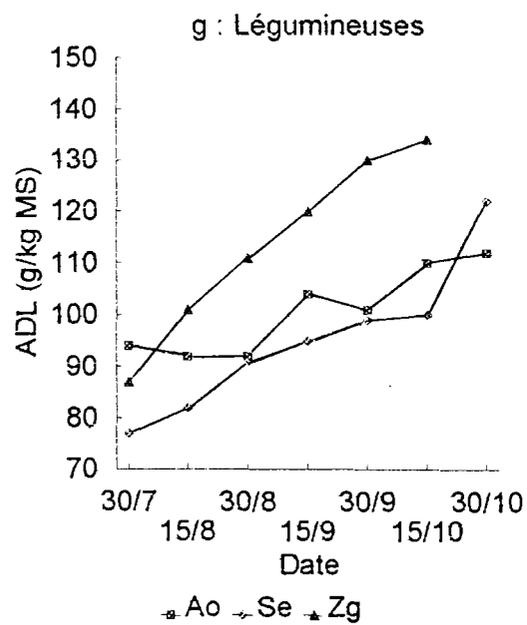
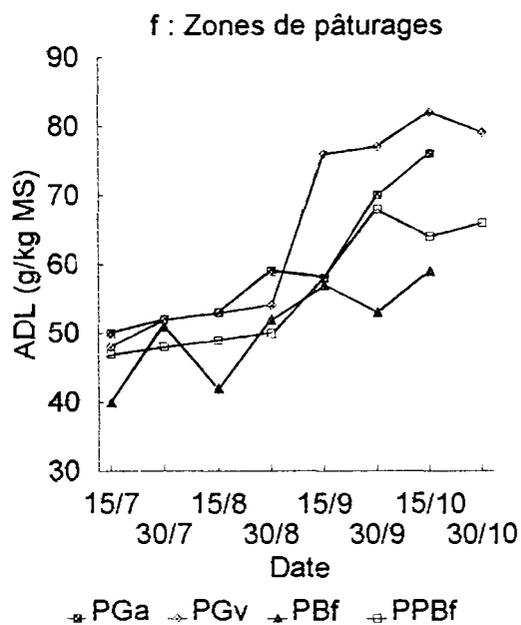
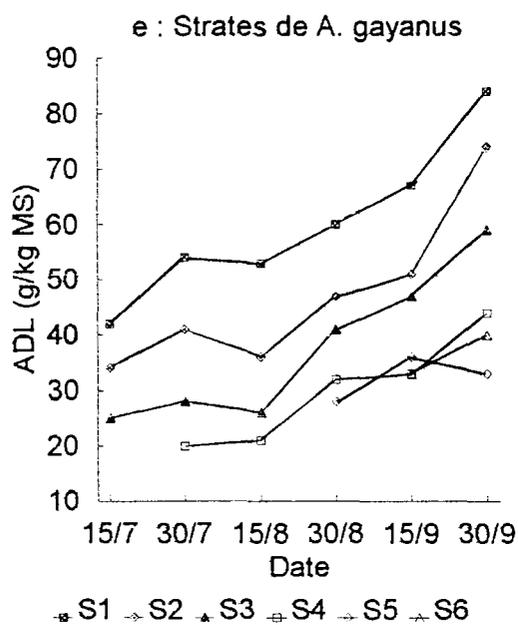
Les feuilles des graminées et les limbes de *A. gayanus* sont les moins lignifiés de tous les organes et les annuelles sont encore les moins pourvues. Les teneurs des tiges sont bien supérieures à celles des feuilles (par exemple, plus de 2 fois avec *P. pedicellatum*). Les teneurs en ADL des tiges des graminées sont du même ordre chez les annuelles et les pérennes.

La teneur en ADL (figures V-7a,b,c,d) ou le degré de lignification des parois (ADL/NDF) des plantes entières et organes augmentent avec la maturité. Ce dernier paramètre se situe entre 4 à 9 p.100 pour les Ga et entre 5 à 12 p.100 pour les Gv. Ainsi, la lignification des parois est plus poussée pour les Gv que les Ga. Elle l'est aussi pour les tiges par rapport aux feuilles de chacune des espèces.

Les augmentations dans les plantes entières et les organes sont plus faibles en 1990 environ 2 points pour les feuilles et les tiges, contre 4 à 5 points en 1989.

Les strates de *A. gayanus* les plus proches du sol sont les plus lignifiées mais les teneurs dans les différentes strates évoluent parallèlement dans le temps. Avec l'apparition des inflorescences et tant qu'elles demeureront, les strates qu'elles composent seront plus variables. C'est la présence des inflorescences dont les teneurs en ADL sont supérieures à

Figure V-7 : Suite



celles des feuilles et des tiges qui expliquent que les strates 6 et 7 aient des teneurs supérieures à la strate 5 (figure V-7e).

Les 4 pâturages se distinguent surtout au delà du 15/9 c.a.d quand l'espèce dominante de ces zones est à l'épiaison. Prises ensembles ces zones ont des teneurs en ADL proches de celles des Gv.

Les 3 légumineuses fourragères ont des teneurs moyennes variant de 95.6 à 113.6 g/kg MS. Ce sont les valeurs les plus élevées enregistrées jusque là. Même à un stade jeune, les légumineuses ont des teneurs en ADL supérieures à celles des pailles des graminées et ces teneurs s'accroissent presque linéairement avec le vieillissement du fourrage (figure V-7f). Comparées aux graminées, les légumineuses ont les parois très lignifiées comme le laisse entrevoir la figure V-7g. Le rapport ADL/NDF se situe entre 16 et 20 p.100.

5.1.4- Hémicelluloses et cellulose

Les teneurs en hémicelluloses et cellulose sont obtenues par calcul :

$$\text{hémicelluloses} = \text{NDF} - \text{ADF}; \text{ cellulose} = \text{ADF} - \text{ADL}.$$

Les hémicelluloses constituent entre 30 et 35 p.100 de la MS des Ga, Gv et du pâturage. Cet élément, tout comme les MAT et la lignine, différencie de façon très nette les graminées des légumineuses puisque ces dernières n'en renferment que 12 p.100 MS.

B. lata a une teneur en cellulose faible par rapport aux 2 autres annuelles, et les 2 pérennes sont tout aussi différentes (tableau V-11). Par contre, aucune différence significative ($p < 0.05$) n'est trouvée dans les teneurs moyennes des différents groupes Ga, Gv, Pg et légumineuses, ces teneurs se situant de 33 à 37 p.100 MS. Au total, à teneurs équivalentes en cellulose, les graminées sont 2.5 fois plus riches en hémicelluloses que les légumineuses.

Les teneurs en hémicelluloses des plantes entières varient peu ou pas contrairement aux teneurs en cellulose. Les teneurs en cellulose s'accroissent au fur et à mesure que la plante vieillit. Cette évolution globale notée est plus ou moins distincte dans la plante

Figure V-8 : Evolution en fonction du temps des teneurs (g/kg MS) en CB.

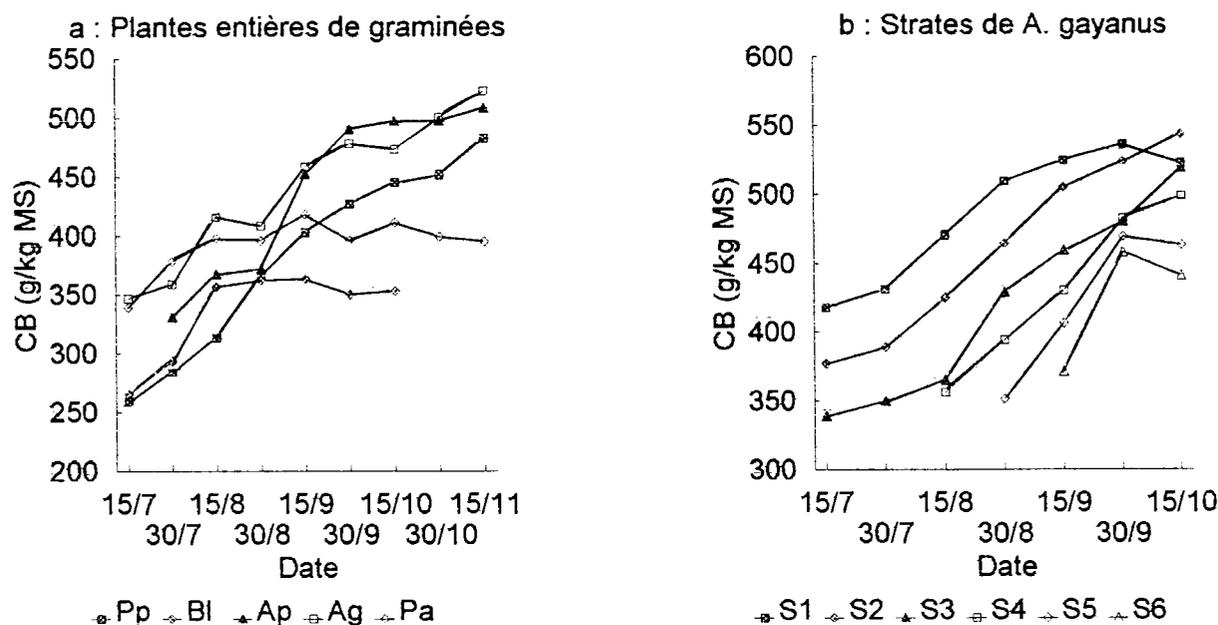


Tableau V-12 : Teneurs en CB des plantes entières de graminées (a) et comparaison des teneurs moyennes des graminées annuelles (Ga), graminées vivaces (Gv) et du pâturage (Pg) (b) : effectif, teneurs moyennes et extrêmes.

(a)

<i>P. pedicellatum</i>	<i>B. lata</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>A. pseudapricus</i>
25	25	18	18	8
391,7	430,8	388,7	334,5	439,3
258,9 - 486	307,9 - 522,3	324,6 - 418,3	265 - 379,7	330,9 - 507,8
a	ab	ac	d	abc

(b)

Ga	Gv	Pg
51	43	30
377,8	413,2	395,0
258,9 - 507,8	307,9 - 522,3	305,4 - 460,1

entière, les feuilles ou les tiges selon l'espèce (graminée , légumineuse) et assez distincte dans le cas du pâturage.

Le long de la plante de *A. gayanus*, la teneur en hémicelluloses augmente de la base au sommet. Par contre elle est quasiment la même dans le temps pour une strate donnée. L'évolution de la teneur en cellulose est inverse de celle en hémicelluloses car elle augmente cette fois du sommet vers le bas de la plante, et pour une strate donnée elle augmente avec les stades de croissance successifs.

5.2- La cellulose brute selon Weende (CB)

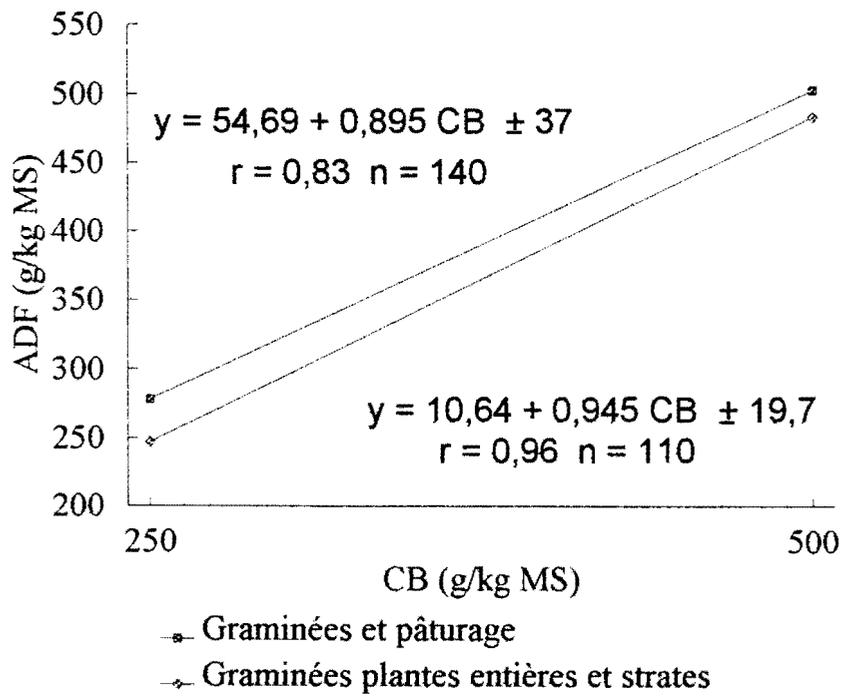
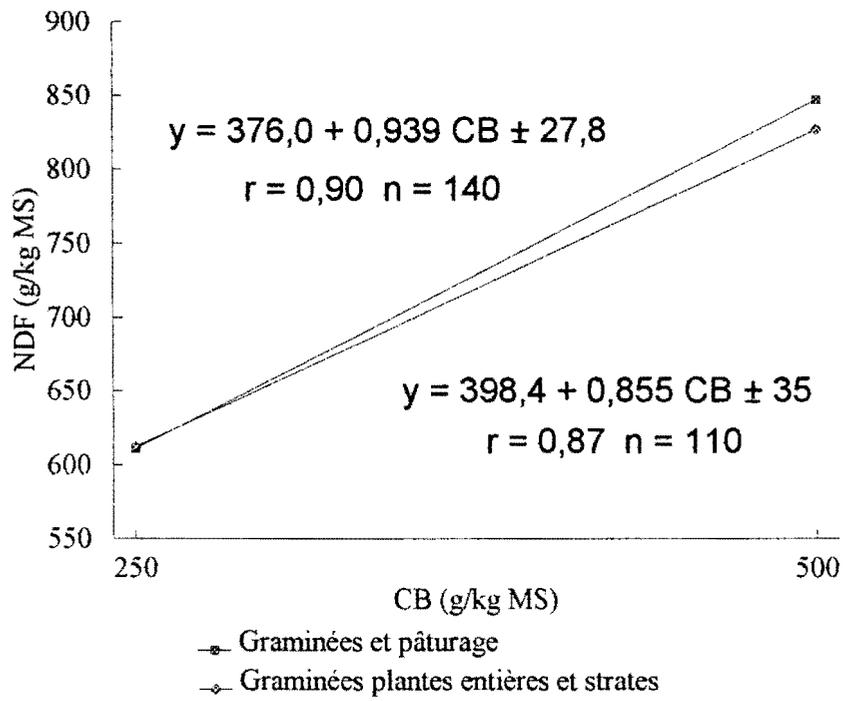
La CB n'a été dosée que sur les échantillons de plantes entières des graminées, les strates de *A. gayanus* et sur les échantillons du pâturage naturel.

Chaque espèce ou groupe (annuelles et vivaces) de graminée, a une teneur en CB qui augmente a une vitesse qui lui est propre (figure V-8a) et qui en valeur moyenne diffère significativement ($p < 0.05$) d'une espèce à l'autre : de 334 g/kg MS pour *B. lata* à 430.8 g/kg MS pour *A. gayanus* (tableau V-12 a et b). Nous ne pouvons malheureusement pas relier ces différences a celles des feuilles ou des tiges dans la mesure où les teneurs dans ces organes n'ont pas été déterminées. Cependant, il y a tout lieu de penser qu'elles résultent des mêmes causes que celles des teneurs en ADF qui sont plutôt proches de celles en CB, tout en leur étant légèrement supérieures.

La CB ne représente par contre qu'une proportion assez faible du NDF, entre 46 et 48 p.100 dans les plantes jeunes des Ga entre 48 à 53 p.100 dans les plantes jeunes des Gv et entre 48 et 60 p.100 et 51 à 61 p.100 dans ces 2 groupes respectivement aux derniers stades.

La teneur en CB de toutes les strates augmente avec le temps. On remarque cependant que sur les dernières strates qui portent les inflorescences, les teneurs diminuent vers la fin du cycle. La teneur en CB des épis est en effet inférieure a celle des tiges (figure V-8b). Tout comme dans le cas du NDF et de l'ADF, les teneurs sont d'autant plus élevées que la strate considérée est basse donc plus près du sol.

Figure V-9 : Relations entre les teneurs (g/kg MS) en CB et NDF ou ADF des graminées.



5.3 - Relations entre les différents éléments de la composition chimique

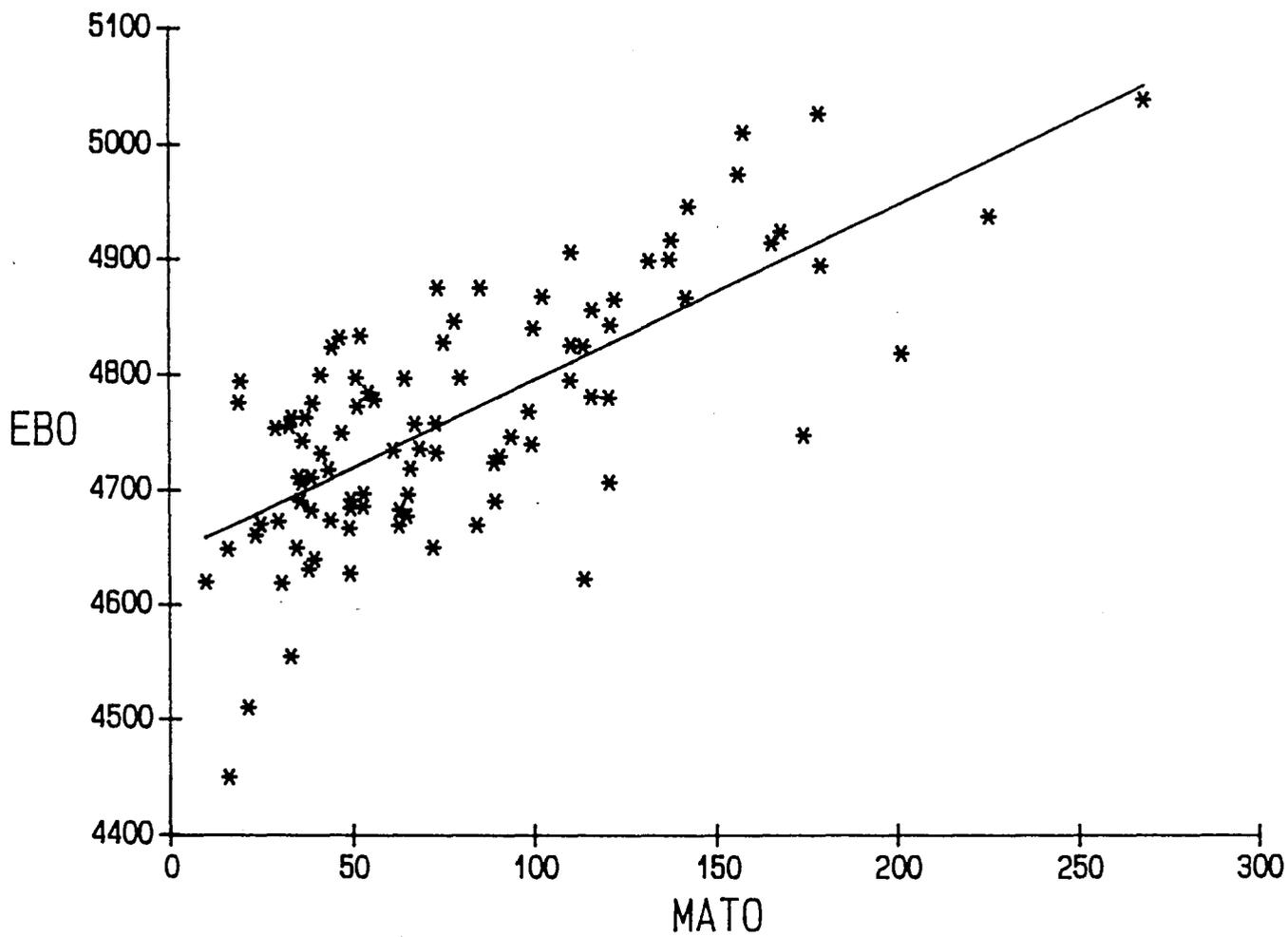
Nous avons précédemment souligné que les teneurs en MAT et NDF des fourrages évoluaient en sens inverse avec l'âge. Ce fait est confirmé par le coefficient de corrélation négatif ($r = -0.86$) obtenu entre ces 2 variables lorsque l'on effectue aucune distinction de famille ou type de fourrage. La relation est cependant moins bonne avec les seules légumineuses, mais est en revanche améliorée quand on l'effectue à l'intérieur de chaque groupe de graminées et encore mieux pour chaque espèce séparément (tableau annexe V-1).

Dans ce paragraphe sur les relations entre différents éléments de la composition chimique, nous nous préoccupons - à rechercher le type de relation existant entre les 2 méthodes utilisées pour la détermination des parois végétales - et à apprécier dans le cas de la méthode de Van-Soest les rapports existants entre les différents éléments constitutifs des parois pour l'ensemble des fourrages ou chaque famille végétale étudiée.

5.3.1- Relations entre les critères de Van-Soest et la CB

Ces relations sont montrées par les équations de régressions données à la figure V-9. Il en ressort, que lorsque l'on s'intéresse aux graminées en pure qu'elles soient sous forme plante entière ou de strates, la meilleure corrélation est obtenue entre l'ADF et la CB : r compris entre 0.95 et 0.98. La corrélation s'altère quelque peu si on y inclus le pâturage qui est un fourrage de formation composite. De même, les corrélations entre le NDF et la CB sont bonnes, mais cependant inférieures aux précédentes. A partir des équations de prévision, la différence entre graminées et pâturage sont presque inexistantes pour le NDF en dehors des derniers stades, alors que pour l'ADF elles s'amenuisent avec le vieillissement des plantes.

Figure V-10 : Relation entre la teneur en énergie brute (EBo kcal/kg MO) et la teneur en MATo (g/kg MO) des fourrages verts.



5.3.2- Relations entre éléments de la paroi déterminés selon Van-Soest

Les hémicelluloses ne sont pas liées aux différents éléments de la paroi en dehors du NDF dont elles sont un élément constitutif. Même dans ce cas la relation est faible comparée à celles existant entre ADF et cellulose ou ADL (r au moins égal à 0.71) (tableau annexe V-1). Les hémicelluloses avaient, rappelons le, contrairement aux autres éléments, très peu évolué dans le temps.

6- Teneurs en énergie brute

6.1- Teneurs en énergie brute de la matière sèche (EBs) et de la matière organique (EBo)

Bien que les fourrages verts n'aient pas fait l'objet de mesures de digestibilité dans le cadre de ce travail, nous avons tout de même tenu à déterminer leurs teneurs en énergie brute, dans la perspective d'une étude très prochaine de leurs valeurs nutritives. Cette connaissance est indispensable puisque la valeur nutritive des foins est reconnue dépendre essentiellement du stade de récolte de la plante au moment de la fauche et assez peu de la qualité de la récolte et de la conservation.

L'expression de l'EB de la matière organique (EBo) en fonction des constituants chimiques, exprimés eux aussi en p.100 de la MO à l'avantage non seulement d'éliminer les effets dus à la contamination des fourrages par la terre, mais aussi d'améliorer la précision de la prévision dans la mesure où les cendres n'ont aucune valeur énergétique.

La teneur en EBo des fourrages verts, en moyenne de 4765 ± 106 Kcal/Kg MO (4450 à 5039 Kcal/KgMO), a été moins variable que l'énergie brute de la matière sèche, qui est passée de 3828 à 4660 Kcal/kg MS, du fait des différences de teneurs en cendres des fourrages concernés.

La variation d'EB a été plus faible avec les foins (638 Kcal/Kg MS et 487 Kcal/Kg MO) qu'avec les mêmes espèces en vert (832 Kcal/Kg MS et 589 Kcal/Kg MO). Il faut cependant signaler, dans le cas des foins, un nombre plus faible d'échantillons et surtout

pour certaines espèces, particulièrement *B. lata* et *A. pseudapricus*, une composition chimique beaucoup moins variable que celle des fourrages en verts.

La teneur en énergie brute des fourrages diminue avec l'avancée de la saison. La diminution journalière calculée sur la base d'un cycle végétatif de 90 jours, (sauf 75 jours pour *B. lata* qui a un cycle plus court) et donnée au tableau ci-dessous montre des diminutions journalières spécifiques aux espèces, avec chez *B. lata*, *A. gayanus* et *A. pseudapricus* des valeurs qui sont doubles ou triples que chez les autres espèces.

espèces	Ao	PIPbf	Pbf	Ss	Ap	Ag	Pa	Bl	Pp
diminution totale	187	74	113	66	185	301	65	332	107
diminution journalière(Kcal/KgMO)	2.1	0.8	1.3	0.7	2.1	3.3	0.7	4.4	1.2

6.2- Prédiction de l'EBo

De tous les critères analytiques considérés seul, la teneur en MAT₀ (en g/KgMO) est celle la plus étroitement reliée à l'EBo; sa variation explique 52 p.100 de la variance totale de l'EBo des fourrages verts (figure V-10), et seulement 23 p.100 dans le cas des foins.

$$\text{F. verts EBo Kcal/KgMO} = 4642 + 1,517 \text{ MAT}_0 \pm 74$$

$$r = 0,724 \quad n = 95$$

$$\text{Foins Ebo} = 4670 + 1,186 \text{ MAT}_0 \pm 100$$

$$r = 0,479 \quad n = 27$$

La relation positive entre MAT₀ et EBo s'explique par le fait que les matières azotées ont une teneur en énergie brute d'environ 5700 Kcal/Kg qui est supérieure à celle des glucides (environ 4200 Kcal/Kg). De plus, dans la plupart des fourrages classiques, les lipides qui ont une valeur énergétique encore plus importante d'environ 9600 Kcal/Kg varient dans le même sens que les MAT.

A même teneur en MAT les légumineuses ont cependant une teneur en EBo supérieure à celle des graminées en pure ou du pâturage naturel. Il existe aussi une

variabilité entre espèce à teneurs équivalentes en MAT₀. C'est ainsi que chez les légumineuses on trouve, à teneur égale en MAT, la classification décroissante suivante : *A. ovalifolius*, puis *Z. glochidiata* et enfin *S. erecta* et que chez les graminées les teneurs en EBo sont plus faibles pour *B. lata* et *P. pedicellatum*.

De ce fait, des relations plus étroites sont obtenues quand les espèces ou types de pâturages sont considérés séparément (ETR entre 8 et 45; sauf de 85 chez *A. gayanus*) (tableau annexe V-2).

L'EBo peut être aussi prédite à partir des éléments de la paroi : avec les fourrages verts, seul le NDF donne une précision du même ordre que les MAT.

La précision de l'estimation est améliorée si l'on adjoint le NDF₀ comme seconde variable explicative.

$$\text{EBo Kcal/Kg MO} = 5084 + 0,855 \text{ MAT}_0 - 0,504 \text{ NDF}_0$$

$$\text{ETR} = 68 \quad r = 0,780 \quad n = 95$$

Cette relation permet d'expliquer 61% de la variance de l'énergie brute.

Avec les foin, ce sont les paramètres chimiques des parois notamment l'ADL, la cellulose et la CB (tableau annexe V-3) qui permettent une meilleure prédiction de l'EBo. Aucune combinaison cependant de ces facteurs entre eux n'améliore la précision.

III- RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA PLANTE ENTIÈRE ET CELLE DES FEUILLES ET DES TIGES

Nous avons observé, en étudiant l'évolution de la composition chimique des graminées en fonction du temps ou du stade phénologique, qu'il existait pour un élément chimique donné une spécificité des espèces aussi bien pour la plante entière que pour les différents organes feuilles ou tiges.

Le tableau annexe V-4 donne, par espèce, la relation entre la composition chimique de la plante entière et celle de l'organe le plus prépondérant dans sa variation. Seules les liaisons les plus caractéristiques sont rapportées. On peut ainsi constater que

- la variation des teneurs en cendres des plantes entières est surtout dûe a celle des tiges, quoique chez les annuelles, la teneur en cendres des feuilles ne lui est que très peu inférieure.
- les variations des teneurs en MAT sont expliquées par celles de tous les organes avec une légère prédominance, cette fois, des feuilles ou limbes par rapport aux tiges.
- l'évolution des teneurs en lignine est due surtout a celle des feuilles chez les Gv, alors que chez les Ga c'est plus celle des tiges. Chez *B. lata* par exemple, la variation de la teneur en lignine de la plante entière est expliquée pour 68 p.100 par celle des tiges et pour 24 p.100 seulement par celle des feuilles.

IV - RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION MORPHOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES PLANTES DE GRAMINEES

Les relations obtenues entre la composition morphologique (Feuilles / Plante entière x 100) et la composition chimique des différents fourrages de graminées (tableau annexe V-5), indiquent que la proportion de feuilles est un bon "prédicteur" de la teneur de la plante entière en principaux constituants chimiques. Seules les teneurs en cendres de *P. anabaptistum* et *B. lata* et en NDF de *P. anabaptistum* ne sont pas prédites convenablement.

Les données sont cependant peu nombreuses et n'ont concerné qu'un seul cycle pour *P. anabaptistum*, *B. lata* et *A. pseudapricus*.

DISCUSSION

Teneurs en constituants chimiques

Les 5 espèces de graminées dont nous avons étudié la composition chimique se caractérisent, comme la plupart des graminées tropicales, par :

- Des teneurs élevées en MS et en parois et à l'inverse des teneurs en cendres et MAT plutôt faibles.

Il existe cependant des différences entre espèces à la fois dans la teneur moyenne en un constituant chimique donné et dans l'évolution avec le stade de la teneur en ce constituant.

Bien que les conclusions auxquelles nous aboutissons soient déjà connues et énoncées par de nombreux auteurs, il est intéressant d'avoir des informations précises pour chaque espèce de façon à pouvoir proposer un schéma d'exploitation approprié.

* Teneurs en matière sèche

Les teneurs en MS élevées des graminées étudiées ici sont très variables selon l'espèce où le stade phénologique et sont conformes à celles signalées par les différents auteurs qui se sont intéressés aux graminées tropicales (Sen et Mabey, 1965; Chia et Yen, 1965).

Les fourchettes de variation des teneurs observées sont conformes à celles données dans la littérature. Il pourrait difficilement en être autrement du fait des variations climatiques très importantes que subissent les espèces au cours d'un cycle de végétation. Cinq mois après le début des pluies, les annuelles dont les teneurs au tallage varient entre 15 et 25 %, se trouvent à plus de 80 p.100 de MS et les pérennes à au moins 60 p.100 pour l'espèce de bas-fond (*P. anabaptistum*).

B. lata et *P. anabaptistum* se distinguent quelque peu des autres espèces par leurs teneurs plus faibles à stade phénologique équivalent.

Ces différences sont - elles une particularité physiologique de ces espèces ou sont elles dues simplement au fait que tout le cycle de *B. lata* se déroule au cours des mois pluvieux et que *P. anabaptistum*, espèce de bas-fond est moins soumise à un stress hydrique ?

* Cendres et composition minérale

Les graminées tropicales se caractérisent par une grande variabilité de leurs teneurs en cendres, mais aussi par leurs teneurs en différents minéraux (Sen et Mabey, 1965;

Minson, 1972; Chenost, 1973). D'une façon générale, les teneurs en cendres plus élevées chez les annuelles se traduisent par celles de tous les minéraux dosés.

L'évolution parfois marquée des minéraux d'une plante donnée en fonction des stades phénologiques rend délicate la comparaison de nos valeurs avec celles d'autres espèces, fussent elles tropicales, d'autant que nous avons enregistré une grande différence entre nos 5 espèces. Cela nous conduit à nous attacher plus à comparer nos espèces entre elles en l'absence des données bibliographiques relatives à ces dernières et à situer leur apport en minéraux par rapport aux besoins recommandés pour l'entretien et un léger gain de poids vif des bovins (INRA, 1978).

P. pedicellatum est l'espèce la plus riche en P avec une teneur moyenne équivalente aux normes évaluées à 3.5 g/kg MS.

Pour les autres espèces, une complémentation minérale devient très vite nécessaire.

Les teneurs en P enregistrées pour *A. gayanus* sont proches de celles annoncées pour l'espèce par Sen et Mabey (1965) de 1.56 g/kg MS; Orellana et Haag (1982) de 1.2 g/kg MS mais très différentes des 0.56 g/kg MS trouvées par Hagggar (1970) et des 2.78 g/kg MS trouvées par Boyer et al. (1985). La dernière valeur correspond à des cycles d'exploitations de plantes jeunes (4 à 9 semaines), en culture, sous fertilisation minérale susceptible d'augmenter les teneurs.

Les teneurs moyennes en Ca de *A. gayanus* (2.8 g/kg MS) sont du même ordre que celles données par différents auteurs 2.8; 2.7; 2.3 g/kg MS respectivement pour Sen et Mabey (1965); Orellana et Haag (1982); Hagggar (1970). Celles des graminées, toutes espèces confondues au Burkina Faso, s'élèvent pour le Ca à 3.7 g/kg MS (IEMVT, 1988), valeurs intermédiaires entre les teneurs des Ga et Gv.

Toutes les espèces semblent poser un problème d'approvisionnement insuffisant en Ca. Il n'y a que chez *P. anabaptistum* que les teneurs en Ca et P sont proches dans la plante entière; et chez *P. pedicellatum* contrairement à toutes les autres espèces, le Ca est inférieur aux teneurs en P. Il s'en suit des valeurs du rapport Ca/P très spécifiques. Si l'on considère, avec Boudet (1978), qu'il doit être compris entre 1 et 1.7, son examen révèle qu'en dehors de *B. lata* et *P. anabaptistum* il est déséquilibré.

Pour toutes les graminées, les apports en magnésium ne devraient pas être une préoccupation; les teneurs moyennes étant au moins égales aux besoins minimum évalués à 2 g/kg MS.

Le sodium, par contre, est lui déficient dans tous les fourrages quelle que soit la période du cycle. Cette déficience est caractéristique de nombreux fourrages tropicaux (Mandiki et al., 1986; Playne, 1970; Norton, 1982) et les faibles apports sont aggravés par des pertes en eau importantes (transpiration) en zones tropicales, justifiant une complémentarité en cet élément.

Ces végétaux ont, par contre, des teneurs élevées en K et cela d'autant plus que le fourrage est jeune ce qui entraîne en début de saison des pluies des diarrhées chez les ruminants.

Les présents résultats démontrent l'importance des feuilles dans l'approvisionnement des animaux en minéraux. Elles sont une source plus appréciable que les tiges à tous les stades de développement ce qui confirme les résultats obtenus par ailleurs (Hagggar, 1970; Mc Ivor, 1981; Poppi et al., 1981; Laredo et Minson, 1975). Leur pâture sélective concourt à accroître les quantités de minéraux ingérées.

* Matières azotées totales et parois cellulaires

Tous les auteurs s'accordent sur les faibles teneurs en MAT, associées à celles élevées en parois totales qui constituent une caractéristique des graminées tropicales (Butterworth, 1967; Minson, 1972; Laksersvela et Saïd, 1978). Nos résultats confirment bien cette assertion. Cependant, les teneurs en MAT sont fonction de l'espèce et sont significativement plus élevées pour les Ga, notamment pour *B. lata* qui a atteint en 1989 au tallage une teneur exceptionnelle de 220 g/kg MS. Les pérennes, quelle que soit l'année, n'ont jamais excédé 120 g/kg MS.

A l'inverse des MAT, la forte teneur en parois des graminées tropicales serait associée à leur forte proportion de tissus vascularisés, et à leur anatomie spécifique de plantes de type C4 (Norton, 1982).

* Energie brute

La large plage de variation de l'énergie brute des espèces tropicales et subtropicales a été signalée par de nombreux auteurs : 4130 à 5020 Kcal/KgMS (Butterworth, 1964); 4534 à 5018 Kcal/KgMO (Richard et al., 1990) ; 4470 à 4940 Kcal/Kg MO Minson et Milford, 1966).

Dans la présente étude, les valeurs de 3828 à 4660 Kcal/KgMS et 4450 à 5039 Kcal/KgMO obtenues pour les fourrages tropicaux soudaniens confirment ce fait.

Cependant, la relation liant l'EBo et les MATo établie dans cette étude ($r = 0.72$; ETR = 74 kcal), est moins étroite que celle ($r = 0.89$; ETR = 39 kcal) rapportée par Richard et al.(1990), mais plus précise que celle ($r = 0.54$; ETR = 148 kcal) trouvée par Jeffery (1971), alors que Butterworth (1964) ne notait aucune corrélation entre ces deux facteurs.

Par rapport à l'équation proposée par Richard et al. (1990) pour des fourrages naturels et cultivés des zones soudanienne et sahélienne considérés ensemble, nos valeurs sont pour une même teneur en MATo plus élevées. L'écart est par exemple de 125; 114 et 108 Kcal pour des teneurs en MATo de 10; 100 et 150 g/kgMO soit une variation de 2.76; 2.43 et 2.27%.

Par rapport à l'équation établie pour des fourrages de Guadeloupe par Demarquilly, Xandé et Chenost (1978), nos valeurs sont toujours plus fortes mais les écarts sont plus faibles respectivement, 94; 50 et 25 Kcal/KgMO, pour les mêmes teneurs en MATo soit, des variations de 2.07; 1.1; et 0.05%.

Les différences obtenues entre nos valeurs et celles de Richard et al. (1990), dans la plage de variation de MAT de nos fourrages, sont supérieures à notre écart type d'estimation. Par contre, avec celles de Demarquilly et al. (1978), les différences ne sont supérieures à l'écart type que pour les fourrages dont la teneur en MATo est inférieure à 50 g/KgMO. Ces fourrages sont caractérisés par une forte teneur en parois notamment un degré de

lignification important. Les différences s'accroissent d'autant plus que la teneur en MATo diminue, et que celle en lignine augmente.

Bien que l'effet de la lignine lorsqu'elle est couplée aux MATo n'ait pas fait apparaître un effet significatif de la lignine dans la prédiction de l'énergie brute, cette dernière reste certainement impliquée dans la variation de l'énergie de par son énergie brute élevée, environ 6219 Kcal/Kg. La teneur moyenne en lignine des légumineuses est presque le double de celle du pâturage naturel ou de l'ensemble des graminées; elles sont aussi plus riches en EBo pour une même teneur en MATo. A l'inverse les deux graminées *P. pedicellatum* et *B. lata* qui ont les teneurs les plus faibles en lignine (en moyenne 47 pour les deux espèces contre 71 g/KgMO pour l'ensemble des autres graminées) ont des valeurs énergétiques plus faibles à même teneur en MATo.

Facteurs de variation de la composition chimique

La composition chimique d'une plante est le reflet de sa structure histologique et de sa composition morphologique. Elle se modifie donc dans le temps, avec l'âge, et peut subir à stades phénologiques équivalents des fluctuations sous l'effet du climat.

*** Variation de la composition des feuilles et des tiges**

Quelle que soit la graminée, nos résultats sur la comparaison de la composition chimique des feuilles et tiges sont analogues aux nombreux résultats obtenus par ailleurs (Akin et al., 1977; Hagggar, 1970).

A même stade de développement, les feuilles ont une teneur en MS, et cendres plus élevées que les tiges. Elles sont plus riches en constituants intracellulaires notamment en MAT et en minéraux. La comparaison des deux organes du point de vue éléments minéraux fait apparaître clairement (à l'exception du K de *B. lata*) une supériorité des feuilles pour tous les éléments dosés comme a pu le constater Hagggar (1970) avec *A. gayanus* et d'autres auteurs sur des graminées tropicales (Esechie, 1992; Norton, 1982).

Seul le P des inflorescences est le plus élevé de tous les organes considérés à même stade de développement, fait par ailleurs noté par Kalmbacher (1983).

En revanche, les feuilles sont moins riches en constituants pariétaux que les tiges. La différence s'accroît au fur et à mesure que la plante vieillit car la composition chimique des feuilles évolue effectivement moins vite que celle des tiges (Demarquilly et Andrieu, 1988).

L'examen des données nous révèle aussi que les parois des feuilles ou des limbes contiennent plus d'hémicelluloses que les tiges et moins de cellulose et lignine.

* Age et stade de développement

L'évolution des différents éléments de la composition chimique est identique à celle décrite par différents auteurs chez les graminées ou les espèces fourragères (Butterworth, 1965 (a et b); Johnson et al., 1973). La MS augmente continuellement avec l'âge du fourrage. Dans le même temps, on assiste à une diminution du contenu cellulaire qui s'accompagne d'une augmentation concomitante des parois cellulaires du fourrage. La variation de la composition chimique est due en grande partie à celle de la composition morphologique. En début de cycle quand le rapport F/T évolue de façon rapide, on assiste à une variation importante de la composition chimique notamment les MAT et les cendres. Les corrélations significatives trouvées entre compositions morphologique et chimique témoignent de telles relations.

Une diminution des teneurs en cendres est observée lorsque la plante vieillit. Cependant, les éléments minéraux qui les composent peuvent avoir des comportements bien spécifiques à chaque espèce. C'est ainsi, par exemple, qu'aucune évolution nette n'est observée pour le Ca, de même que pour le Mg dans le cas des 3 espèces *P. pedicellatum*, *A. gayanus* et *B. lata*. Par contre, le P et le K et dans une moindre mesure le Na diminuent avec l'avancée du stade physiologique.

La diminution des teneurs en MAT des fourrages avec l'avancée des stades est aussi une des caractéristiques des fourrages. L'importance de la variation est fonction de

l'espèce mais aussi du stade phénologique (Griève et Osbourn, 1965; Butterworth, 1965 (a et b); Chenost, 1973; Rivière, 1978; Richard, 1987; Mislevy et al., 1989). La diminution est brutale chez les Ga en début de cycle et est ensuite plus faible chez toutes les espèces entre la montaison et les stades reproducteurs.

A l'inverse des MAT, la teneur en parois totales augmente avec l'âge des fourrages. Elle est aussi due à la modification de la composition morphologique avec l'accroissement de la proportion des tiges qui, par suite de leur structure anatomique, sont plus riches en parois.

La vitesse d'enrichissement en paroi, spécifique de l'espèce, est uniforme chez les graminées vivaces, mais est plus accentuée au cours des stades reproducteurs chez les annuelles et seulement à la dissémination pour *B. lata*.

L'évolution des éléments constitutifs de la paroi n'est pas identique à celle du NDF, surtout lorsqu'on s'intéresse aux hémicelluloses qui varient peu ou pas sur une bonne partie du cycle contrairement à la cellulose. Ce résultat concorde avec ceux de certains auteurs (Jarrige, 1963; Bailey, 1973; Johnson et al., 1973; Richard, 1987) qui ont remarqué une stabilité ou une évolution plus faible de ces éléments.

L'accentuation du degré de lignification au cours des derniers stades, soulignée par Jarrige et Minson (1964), s'est vérifiée au moment de l'épiaison ou juste après chez *P. pedicellatum*, *A. gayanus* et *A. pseudapricus*; un peu plus tôt (montaison) chez *P. anabaptistum*, et plus tard lors de la dissémination chez *B. lata*; elle résulte peu de l'augmentation de la lignine des feuilles (vraiment notable qu'à la dissémination). Elle résulte surtout de celle des tiges, qui intervient plus ou moins tôt dans le cycle selon l'espèce.

Quoiqu'il en soit, la variation des parois est imputable principalement à la cellulose et à la lignine c-à-d au contenu en ADF.

* Les strates

Du fait du gradient de jeunes tissus vers les plus vieux, quand on se déplace du haut vers le bas de la plante, on aboutit à des teneurs en MAT d'autant plus réduites que la strate est plus proche du sol. A l'inverse, les parois totales ou leurs éléments constitutifs (en dehors des hémicelluloses) sont accrues.

La modification dans le temps de la composition chimique pour une même strate (surtout les plus basses) conjuguent l'effet du vieillissement des organes à celui de l'augmentation de la proportion de tiges.

Comparaison entre graminées et légumineuses

De façon générale, il existe des différences systématiques de composition morphologique, composition chimique et structure anatomique entre graminées et légumineuses (Demarquilly et Jarrige, 1974).

De la comparaison des compositions chimiques des 2 groupes, il ressort que la teneur en cendres des légumineuses est intermédiaire entre celle des Ga et Gv, mais légèrement supérieure à celle de l'ensemble des graminées.

Les légumineuses ont par ailleurs une teneur en MAT de 1.8 et 2.5 fois supérieure à celle des Ga et Gv respectivement, une teneur en contenu cellulaire plus importante donc une teneur en parois plus faible que les graminées.

Ces parois contiennent plus de lignine, ou ont un degré de lignification (ADL/NDF; ADL/ADF) plus élevé. Cependant les 2 groupes sont semblables sur le plan des teneurs en ADF et répondent pour les divers constituants aux mêmes lois d'évolution que les graminées.

Ces conclusions correspondent parfaitement à celles auxquelles ont abouti plusieurs auteurs (Han et al., 1970; Moir, 1972; Demarquilly et Jarrige, 1974; Gupta et Pradhan, 1975; Minson, 1988). Cette spécificité de composition chimique des légumineuses (MAT importantes et un contenu cellulaire plus important) conduit à une digestibilité de la MS plus importante que les graminées. De plus, une plus forte

ingestion que celle des graminées comparées à même stade de développement ou à même digestibilité de la MO (Demarquilly et Jarrige, 1974), leur confère un intérêt particulier. Elles sont malheureusement peu représentées sur les pâturages et leur introduction ou leur développement peuvent être une approche viable pour pallier la non satisfaction des besoins (MAT surtout) des animaux.

Période d'exploitation des espèces

Les résultats obtenus mettent en évidence la relation inverse connue entre production de matière sèche et qualité du fourrage. Ainsi, lorsque le fourrage est jeune (tallage ou début de la montaison) et que sa teneur en MAT est élevée, son exploitation pose un problème d'apport quantitatif. A l'inverse, à l'avènement de la biomasse maximale, les teneurs en MAT ont considérablement chuté de 34 à 76% par rapport aux valeurs enregistrées au départ selon l'espèce et l'année.

Par ailleurs, ce n'est qu'à partir de la mi-septembre que l'intensité des précipitations et le nombre de jours de pluies de la zone diminuent. La préparation des foins en quantité très importante avec un maximum de chances de réussite est donc difficilement envisageable avant cette date.

La prise en compte de ce dernier facteur fait reculer dans le temps la période favorable d'exploitation des espèces en vue d'une conservation, et nous conduit à proposer une exploitation pour du foin à une période se situant entre le début et la pleine épiaison pour *P. pedicellatum*, *A. gayanus* et *P. anabaptistum* et *A. pseudapricus*.

B. lata est un cas particulier; tout son cycle se déroule avant le mois de septembre. Sa période propice d'exploitation se situe en début épiaison qui survient au début du mois d'août.

Si l'on revient à l'objectif de départ de l'étude de la stratification, on aboutit dans le principe à une amélioration de la qualité fourragère par l'exploitation des parties supérieures de la plante. Dans la pratique du milieu paysan, l'exploitation avec des faucilles telle que pratiquée jusque là rendrait parfaitement aisée une stratification de la fauche.

Le niveau de coupe préconisé dépendra bien sûr de l'objectif visé. L'exploitation de l'espèce en début épiaison en 1988 et 1989 à 80 cm du sol, fournit un fourrage de même teneur en MAT que celui de la plante entière en fin de tallage et en début montaison respectivement. Par rapport à la plante entière à la même date (début épiaison), l'exploitation sélective conduit à une amélioration de la proportion de limbes (0.64 au lieu de 0.50), qui se chiffre en terme de MAT par un gain de 11 et 19 g/kg MS, pour des pertes de matière sèche de 490 et 595 kg/ha respectivement en 1988 et 1989. On récupère ainsi par rapport à la plante entière jusqu'à 73 et 67 p.100 des MAT; 68 p.100 du P; 65 p.100 du Ca; et seulement 55 et 43 p.100 du NDF; 46 et 37 p.100 de la lignine respectivement en 1988 et 1989.

On peut s'attendre à des répercussions positives - d'une part sur l'ingestion, qui est liée à la proportion de feuilles de l'espèce (Zemmelink et al., 1972) - d'autre part sur la digestibilité qui sera considérablement améliorée si l'on se réfère aux résultats de Guerin (1987) qui observe une différence de 17.5 points de dMO entre 2 fractions de cette même espèce pour une différence de 19g MAT/kg MS dans l'aliment distribué et de 28g MAT/kg MS dans l'ingéré.

Le tri occasionné par les animaux permettrait peut être d'atteindre, si non d'approcher, la teneur de 7 p.100 de MAT dans l'ingéré au dessous de laquelle l'ingestion volontaire des fourrages pauvres est considérablement limitée (Milford et Minson, 1965a).

Le reste de la plante de faible teneur en MAT (2.5 p.100 en moyenne) peut être laissé en l'état pour une exploitation sur pied; l'ingéré n'en sera qu'amélioré grâce au tri effectué par les animaux. On pourrait aussi envisager son utilisation comme base à l'utilisation d'aliments riches en MAT (sous-produits, ligneux).

CONCLUSIONS

L'étude effectuée sur les différents fourrages, nous indique que les caractéristiques propres de production et de maturité trouvées pour chaque graminée font varier spécifiquement la composition chimique de ces fourrages qui à son tour influencera le gain de poids des animaux. C'est ainsi qu'au Malawi, Dzewela et al. (1990), ont trouvé que les teneurs en MAT des pâturages étaient positivement corrélées ($r = 0.98$) avec le gain de poids des animaux, et qu'à l'inverse une relation négative existait avec le NDF ($r = 0.85$) ou l'ADF ($r = 0.96$).

Si la teneur en quelques éléments minéraux peut couvrir les besoins d'entretien des ruminants, une complémentation minérale devient très vite nécessaire dès que les plantes vieillissent ou dès lors qu'on recherche une certaine production animale.

Les teneurs en MAT, cendres et minéraux des feuilles ou limbes sont supérieures à celles des gaines et tiges. A l'inverse, les tiges sont plus riches en parois, et en éléments qui composent ces parois. Compte tenu de l'évolution du rapport F/T, cela explique que les teneurs ne soient pas constantes pour la plante entière.

L'âge est un des facteurs les plus importants de variation des éléments chimiques des feuilles mais surtout des tiges. Aussi, les teneurs en MAT sont intéressantes dans les plantes jeunes, mais leur exploitation est limitée par une pluviosité abondante et des faibles productions de matière sèche. A l'opposé aux stades avancés la matière sèche est abondante mais une supplémentation s'avère indispensable.

L'exploitation stratifiée des pérennes de haute taille et de valeur nutritive plus faible, dont *A. gayanus*, peut permettre de tamponner les diminutions rapides et importantes des teneurs en MAT et plus généralement de la valeur nutritive. Par ailleurs, l'utilisation et l'introduction de légumineuses peut améliorer l'apport azoté dont la déficience est chronique pendant la saison sèche.

Le choix des espèces à retenir, à introduire ou à développer est donc assez complexe et dépendra des objectifs spécifiques qu'on se fixe : accroissement de la matière sèche disponible et/ou apport nutritionnel bénéfique.

La période d'exploitation pour la production de foin obéit aux mêmes règles, quoique du fait des modifications très rapides de composition chimique, on ne peut que conseiller, dans des situations similaires à notre étude, leur exploitation qu'à des stades phénologiques antérieurs à la fin épiaison.

Brachiaria lata est de toutes les espèces étudiées celle qui a les meilleures caractéristiques de composition chimique : teneurs en MAT et minéraux les plus élevées dans la plante entière, les feuilles, et les tiges, et les plus faibles teneurs en parois totales et en lignine. L'espèce mériterait alors une attention particulière lors de la mise en place de cultures fourragères.

Pennisetum pedicellatum n'est vraiment intéressant qu'aux stades jeunes, car dès la fin de la montaison sa composition chimique correspond à celle des fourrages pauvres.

CHAPITRE VI

INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE DES FOINS D'HERBACEES

Un des problèmes importants auquel est confronté l'élevage en zone soudanienne, comme dans la plupart des pays sahéliens, est la fluctuation considérable avec la saison du poids des animaux. Le système d'élevage traditionnel, totalement tributaire du pâturage naturel pour l'alimentation des ruminants, vit au rythme des saisons et de la pluviométrie. Chaque année, les pertes de poids sont importantes en saison sèche et les longues transhumances effectuées par le bétail sont de moins en moins efficaces, l'espace pastoral se rétrécissant sans cesse.

Nous sommes partie de cette problématique de saison sèche, à savoir la non couverture des besoins d'entretien des animaux, avec un déficit très accentué à la fin de cette période et avons envisagé l'apport d'aliments complémentaires sous forme de foins (seuls ou associés à d'autres sources d'aliments). Encore faut-il alors s'assurer que la valeur nutritive (ingestibilité et digestibilité) de ces derniers est en mesure de pallier un tel déficit.

C'est pour cette raison que nous avons abordé l'étude de la valeur nutritive des herbacées en nous intéressant en priorité à des fourrages conservés (foins).

Les modifications de composition chimique et de digestibilité entraînées par la fenaison ont été largement décrites, et dépendent entre autres du stade de récolte et des conditions climatiques lors du fanage (Andrieu et al., 1981).

Un essai préliminaire sur la vitesse de dessiccation à l'ombre et au soleil a permis d'avoir une idée sur le comportement de nos espèces et d'arrêter une stratégie globale de préparation de nos foins.

Figure VI-1 : Evolution du poids des fourrages récoltés à deux dates (9/8 et 9/9) et soumis à deux modes de séchage (soleil et ombre)

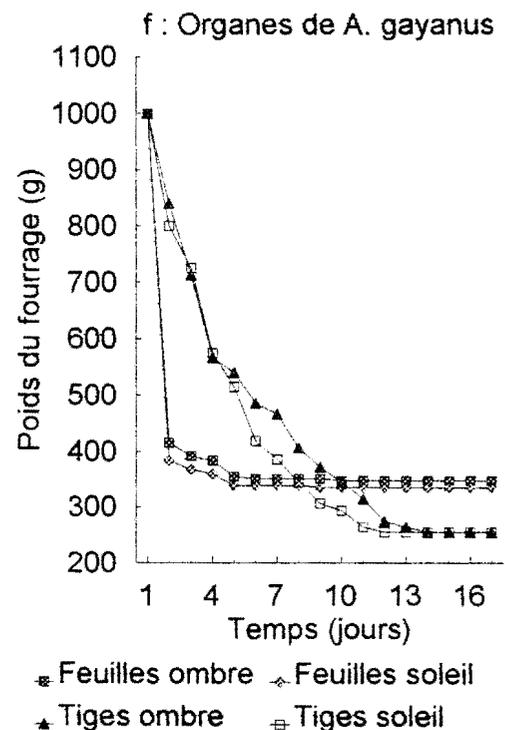
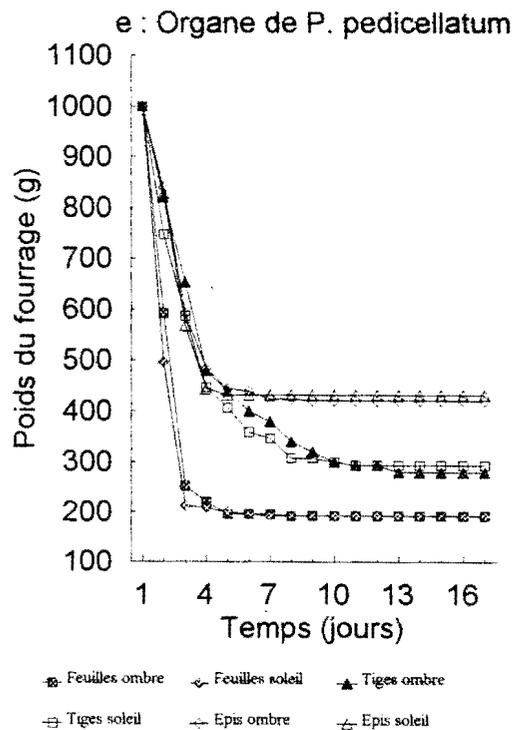
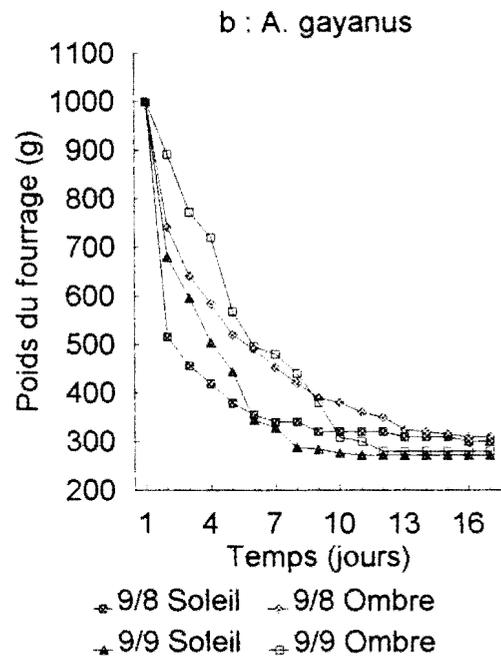
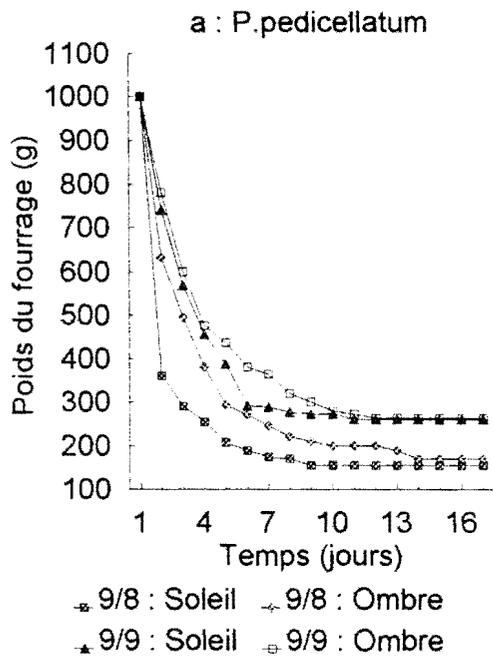
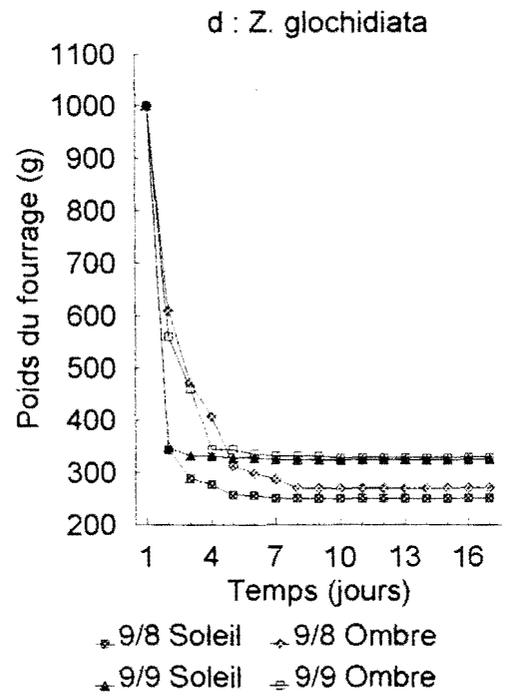
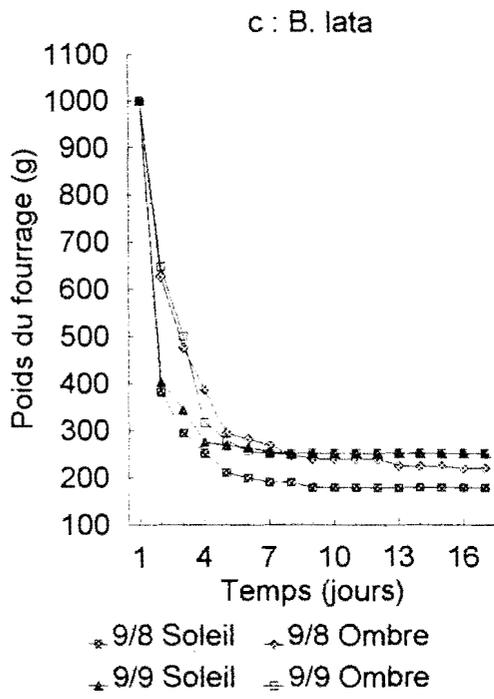


Figure VI-1 : Suite



Ainsi, 3 graminées (*Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon gayanus* et *Bracharia lata*) et une légumineuse (*Zornia glochidiata*) ont été récoltées le 9/8 et 9/9 en 1988. Ces dates correspondent respectivement à la période de pluies intenses et à celles où elles commencent à s'estomper.

Il ressort des évolutions de poids des fourrages permettant de connaître les vitesses de dessiccation (figures VI-1 a,b,c et d) que la différence entre les deux modes de séchage est surtout marquée le premier jour, et cela d'autant plus que le fourrage est jeune, plus gorgé d'eau, et est plus long à sécher. Cette perte de poids se chiffre par exemple chez *P. pedicellatum* au stade épiaison à 64 p.100 lorsqu'il est séché une journée au soleil contre seulement 37 p.100 à l'ombre.

En outre, les feuilles ont une vitesse de dessiccation plus rapide que les tiges ou les inflorescences (figures VI-1 e et f).

Partant d'un tel constat, nous avons adopté un préfanage d'une journée ou 2 au soleil (en fonction du climat) suivi d'un séchage à l'ombre avec plusieurs retournement jusqu'à dessiccation complète.

Des valeurs de digestibilité d'espèces tropicales (dont *Andropogon gayanus* et *Pennisetum pedicellatum*) existent dans la littérature. Il ressort par exemple des nombreuses données compilées par Butterworth (1967), une forte variabilité liée à l'espèce, mais les stades phénologiques et les conditions de mesures ne sont pas toujours précisés, alors qu'ils sont d'importants facteurs de variation. Par ailleurs, la différence de valeur nutritive entre graminées tropicales a été principalement reliée à celle d'ingestion (Milford, 1960), et le faible niveau de production des animaux sur pâturage tropicaux serait causé par les faibles digestibilités et ingestions volontaires (Minson et McLeod, 1970; Minson, 1980).

Il est par conséquent nécessaire que, pour nos espèces, des informations soient apportées pour des stades phénologiques définis. De plus, la comparaison entre nos espèces sera d'autant plus valable que les mesures auront été effectuées dans les mêmes conditions.

Tableau VI-1 : Stades d'exploitations des différentes espèces de graminées.

Espèces	<i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
Stades					
Début tallage	*	*			
Tallage	*	*	*		
Montaison	*	*		*	*
Epiaison	*	*	*	*	*
Fructification	*	*	*		
Maturation	*	*			
Dissémination			*		
Paille	*		*	*	

Tableau VI-2 : Valeurs extrêmes des teneurs en constituants chimiques (g/kg MS) et de la valeur en énergie brute (EB en kcal/kg MO) des foins distribués.

	<i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
Cendres	138 - 81	63 - 40	63 - 50	70 - 47	121 - 120
MAT	97 - 16	57 - 18	70 - 17	25 - 8	131 - 120
NDF	644 - 803	748 - 828	755 - 848	794 - 819	649 - 686
ADF	353 - 520	396 - 520	399 - 446	494 - 538	313 - 327
ADL	23 - 69	29 - 61	47 - 65	28 - 63	33 - 41
CB	331 - 474	370 - 492	382 - 447	464 - 506	305 - 313
EB	5061 - 4510	4817 - 4653	4857 - 4768	4664 - 4574	4865 - 4822

Par ailleurs, ces fourrages subissent au cours de leur cycle de végétation des variations rapides de leur composition chimique. C'est le cas notamment de la teneur en MAT qui est considérablement réduite aux stades de fortes productions de matière sèche.

Certains foins seront alors complémentés avec des sources azotées disponibles (tourteaux ; fanes) et l'effet d'un apport minimum en MAT apprécié.

Dans un seul cas (*A. gayanus* à l'épiaison), la valeur nutritive du foin est comparée à celle du fourrage vert correspondant. Une seule comparaison est aussi menée sur la forme de présentation (fourrage entier ou haché) avec du foin de *P. pedicellatum*.

I-INGESTIBILITE DES FOINS

Les 5 espèces graminéennes retenues dans le cadre de ce travail sont exploitées à différents stades phénologiques (tableau VI-1). Le fourrage conservé sous forme de foin est distribué *ad libitum* à des lots de 6 moutons placés dans des cages de digestibilité. On admet un taux de refus fixé à priori entre 15 et 25 p.100, ce qui permet la mesure des quantités volontairement ingérées.

1- Composition chimique des fourrages

Le tableau VI-2 donne, par espèce, les valeurs extrêmes des teneurs en constituants chimiques des fourrages distribués.

La limite supérieure des MAT est beaucoup plus faible que celle trouvée avec les fourrages verts et est due aux modifications de teneurs entraînées par la fenaison, mais surtout au fait que la première exploitation est survenue plus tard au cours du tallage par souci de disponibilité quantitative.

C'est à partir des compositions chimiques de l'aliment distribué et refusé que sont calculées celles de l'ingéré.

Tableau VI-3 : Variation (en %) de la teneur en constituants chimiques des refus par rapport à l'aliment distribué.

	<i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
MAT	-19 à -64	-10 à -68	-48 à -60	-28 à -49	-20 à -38
NDF	+2 à +18	+0,6 à +12	+0,6 à +11	+5 à +8	+6 à +8
ADF	+9 à +35	+2 à +21	+16 à +29	+2 à +15	+25 à +28
ADL	+18 à +151	+25 à +119	+20 à +104	+15 à +52	+64 à +77
CB	+27 à +68	+15 à +20	+8 à +22	+9 à +13	+15 à +17

Tableau VI-4 : Quantité de matière sèche ingérée (g MS/kg P0,75) en fonction du stade phénologique.

Espèces	<i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
Stades					
Début tallage	74	63			
Tallage	81	53	57		
Montaison	72	40		45	108
Epiaison	60	32	58	41	98
Fructification	50	38	53		
Maturation	42	26			
Dissémination			50		
Paille	34		30	31	
Taux de refus moyen*	21 ± 4	28 ± 5	26 ± 5	25 ± 2	17 ± 5

* Sans les stades pailles de *P. pedicellatum* et maturation de *A. gayanus*

Les refus ont une teneur en MAT et cendres inférieure à l'aliment distribué, alors que les teneurs en MS et parois sont supérieures. Les différences peuvent être considérables selon l'élément chimique (surtout ADL et MAT), l'espèce et le stade physiologique (tableau VI-3), et traduisent le tri effectué par l'animal qui consomme préférentiellement les parties les plus nutritives telles que les feuilles au détriment des tiges.

2- Quantités de matière sèche ingérées

La quantité de MS volontairement ingérée par le mouton a varié de 1081 à 268 g, soit de 108 à 26 g/kg p0.75 selon l'espèce et le stade phénologique (tableau VI-4). L'expression de l'ingéré par rapport au poids métabolique réduit l'effet du poids vif des animaux sur l'ingestion (Grieve et Osbourn, 1965; Demarquilly et Andrieu, 1987).

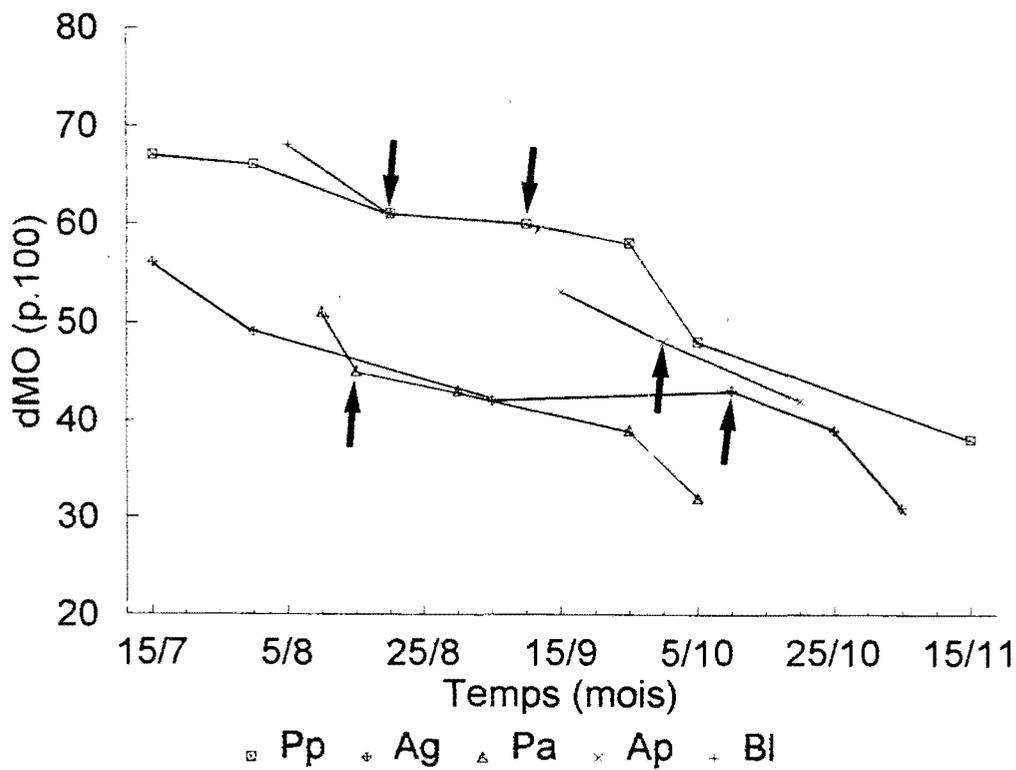
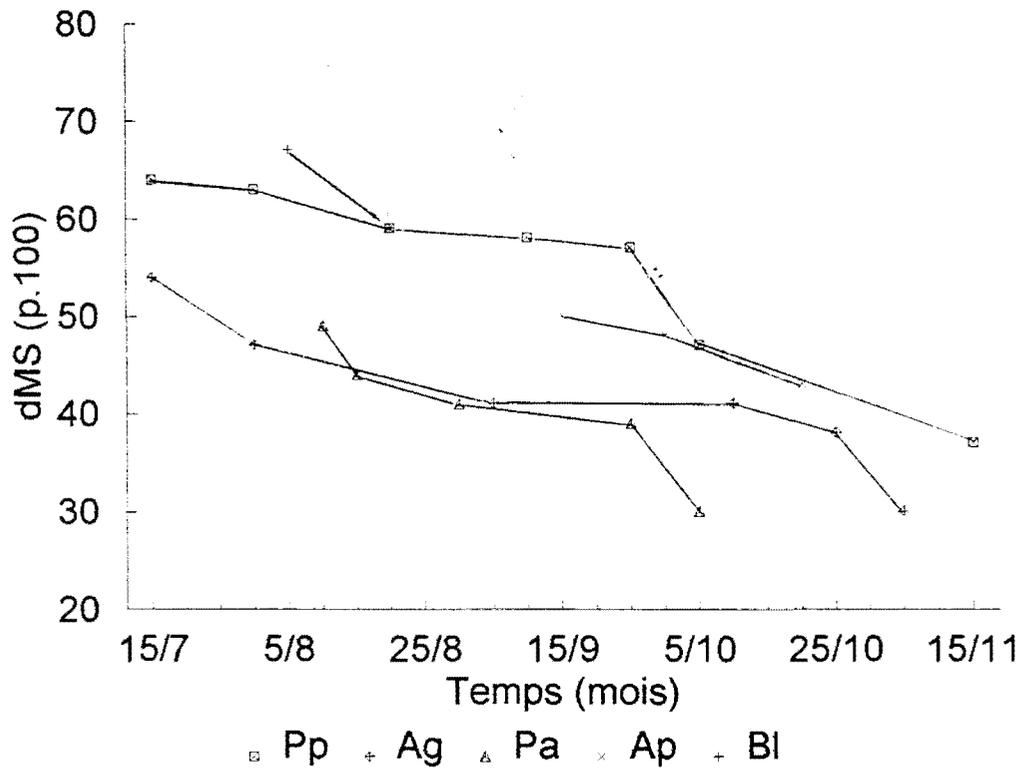
B. lata est une espèce bien appétée avec des valeurs d'ingestion à l'épiaison de 98 g/kg p0.75, supérieures à celles de toutes les autres espèces, même au stade très jeune. Globalement sur le cycle, les différences d'ingestibilité liées à l'espèce sont plus faibles que celles liées aux stades phénologiques, c'est-à-dire à l'âge des espèces.

Le taux de refus admis avec les fourrages tempérés est d'environ 10 p.100. Ce taux est difficilement transposable dans nos conditions du fait de la pauvreté relative des espèces et il a donc été majoré. Là encore, la limite supérieure de 25 p.100 est difficile à respecter pour certains stades, selon l'espèce, sous peine de mettre en péril la vie des animaux. Pour ces raisons les taux de refus ont été passés à 40 p.100 pour les stades paille de *P. pedicellatum* et maturation de *A. gayanus* et à 30 p.100 pour cette dernière espèce à partir de l'épiaison.

II-DIGESTIBILITE

Les fèces collectées lors des essais de digestibilité sont constituées en majorité de la fraction indigestible de l'aliment à laquelle s'ajoute celle métabolique provenant des microorganismes et des diverses sécrétions. C'est à partir de la quantité de MS excrétée et

Figure VI-2 : Evolution en fonction du temps (mois de l'année) de la digestibilité (en p.100) de la MS (dMS) et de la MO (dMO) des foins des différentes espèces.
 (la flèche indique le stade phénologique de l'épiaison)



de sa composition que l'on détermine la digestibilité apparente de l'aliment c-à-d son degré d'utilisation.

Les mesures sont effectuées sur des lots de 6 animaux. Les valeurs de digestibilité sont calculées pour chaque élément par animal, (sauf pour la cellulose brute où la valeur correspond à un cumul des refus et fèces des animaux), et la valeur retenue correspond à la moyenne des 6 animaux. Cependant, toute valeur de digestibilité individuelle s'écartant de plus de 5 points de la moyenne est systématiquement écartée.

1- Digestibilités de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO)

La dMS des 23 foins étudiés a varié de 67 à 30 p.100. L'analyse de variance appliquée à l'ensemble des données révèle un effet espèce et stade hautement significatif ($p < 0.001$).

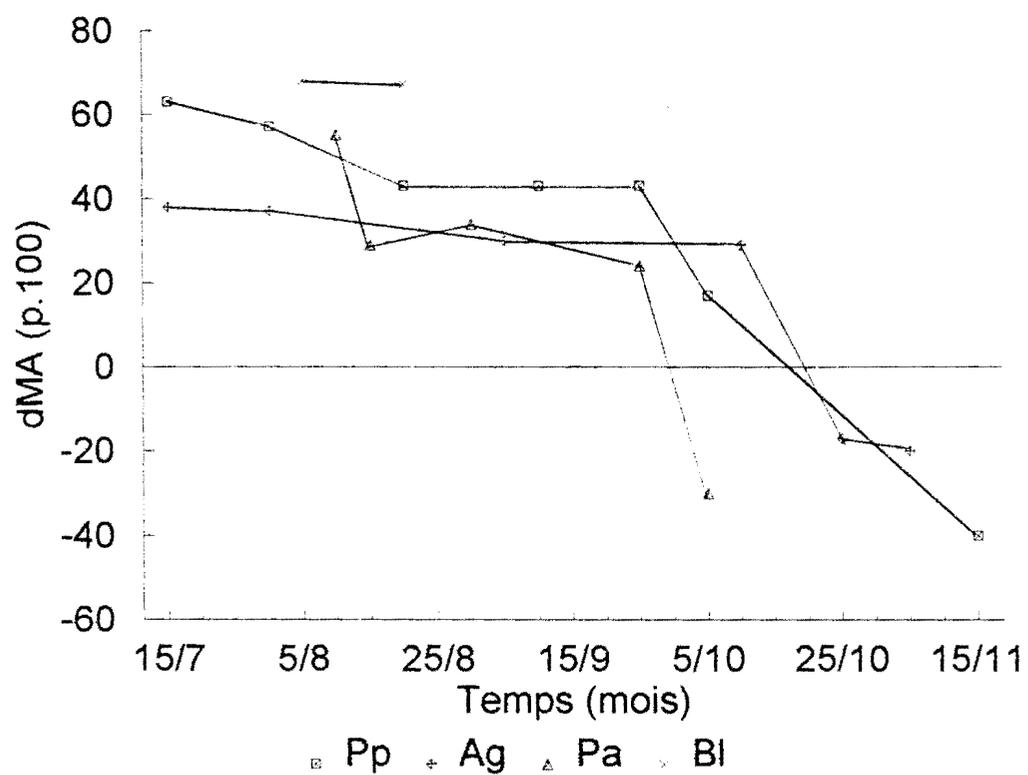
Les deux graminées vivaces ont des dMS voisines et plus faibles que celles des annuelles chez lesquelles *B. lata* est l'espèce la plus digestible. La supériorité des annuelles est manifeste à tous les stades de développement (figure VI-2a). Quelle que soit l'espèce la maturité du fourrage se traduit par une réduction des valeurs de dMS. Les diminutions sont faibles jusqu'à l'épiaison, la fructification et la dissémination respectivement chez *A. gayanus*, *P. pedicellatum* et *P. anabaptistum*.

Bien que chaque espèce garde une certaine spécificité dans l'évolution de ces valeurs de dMS, on note à une période du cycle une relative stabilisation qui va généralement de l'épiaison à la fructification.

La dMO varie elle aussi en fonction des mêmes facteurs que la dMS (figure VI-2b). Elle est en moyenne supérieure à cette dernière de seulement 1.5 points; les différences atteignant 3 et 2 points respectivement chez les annuelles et les pérennes lorsque le fourrage est jeune.

La diminution journalière de la dMO des foins (sauf *B. lata*) a été en moyenne de 0.21 point; ce qui revient à une variation intracycle (stade tallage à paille) considérable atteignant jusqu'à 18 points chez *A. Gayanus*.

Figure VI-3 : Evolution en fonction du temps (mois de l'année) de la digestibilité (en p.100) des matières azotées (dMA) des foins des différentes espèces.



A même stade phénologique, les espèces ont des dMO différentes. Les digestibilités des 2 pérennes sont très proches et significativement inférieures ($p < 0.001$) à celles des annuelles.

2- Digestibilité des matières azotées (dMA)

La dMA des foins est beaucoup plus variable que leur dMS ou dMO. La valeur maximale enregistrée est de 68 p.100 (avec *B. lata*), et des valeurs nulles et négatives sont retrouvées respectivement à partir de la montaison avec *A. pseudapricus* et pour les stades paille de toutes les espèces (figure VI-3).

La dMA est avant tout fonction de la teneur en MAT des fourrages comme en témoigne le coefficient de corrélation ($r = 0.996$) de l'équation reliant les MAD et MAT. La relation sera décrite plus loin en intégrant d'autres valeurs de foins distribués en quantité limitée.

3- Digestibilité des parois

La digestibilité des NDF a variée de 77 à 32 p.100 (figure VI-4). Il existe une similitude frappante d'évolution des dMO et dNDF qui sont fortement corrélées ($r = 0.97$ ETR = 2.8).

L'ADF a une digestibilité qui varie de 69 à 26 p.100; elle est inférieure de 3 à 7 points par rapport à la dNDF avec des valeurs pour une espèce qui sont peu variables entre l'épiaison et la maturation des graines.

La relation entre la digestibilité du complexe ligno-cellulosique et la dMO ($r = 0.94$; ETR = 3.7) est plus lâche que celle observée avec les parois totales sans doute à cause de l'influence plus marquée de la lignine dont les variations en fonction du temps sont moins nettes.

La digestibilité de la cellulose brute a varié de 70 à 41 p.100. Elle a été en moyenne supérieure de 4 points à la dADF. La différence est cependant plus marquée pour *P. anabaptistum* et au moins égale à 6 points selon le stade.

4- Digestibilité de l'énergie

La valeur moyenne de digestibilité de l'énergie (dE) pour tous les foins a été de 49.9 \pm 4.3 (extrême de 65 à 27 p.100) (figure VI-5).

Figure VI-4 : Evolution en fonction du temps (mois de l'année) de la digestibilité (en p.100) des parois (dNDF) des foins des différentes espèces.

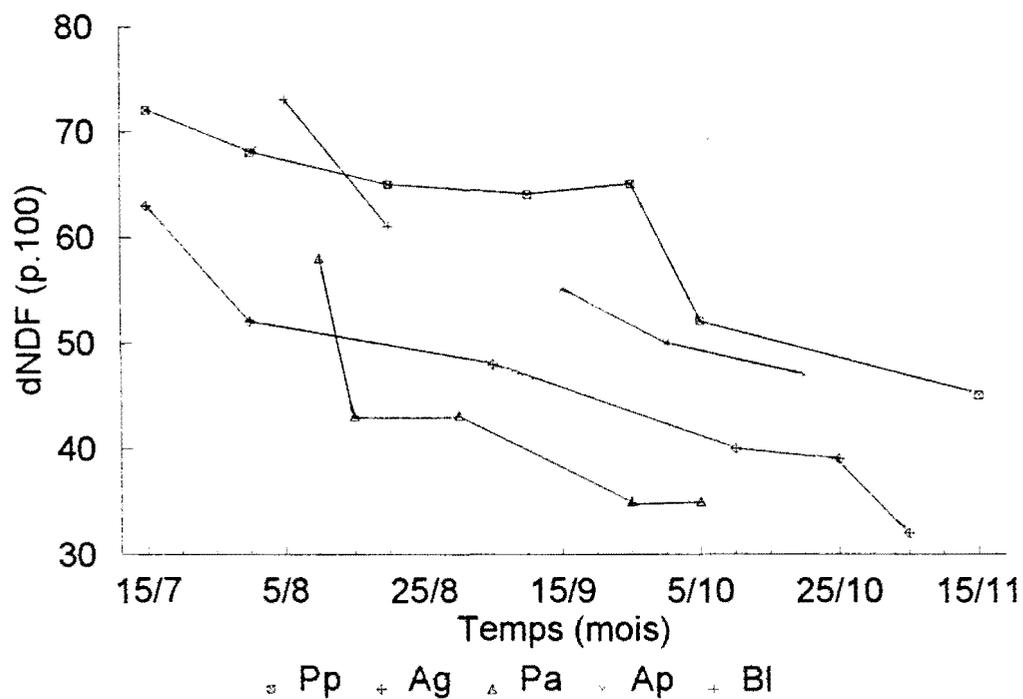
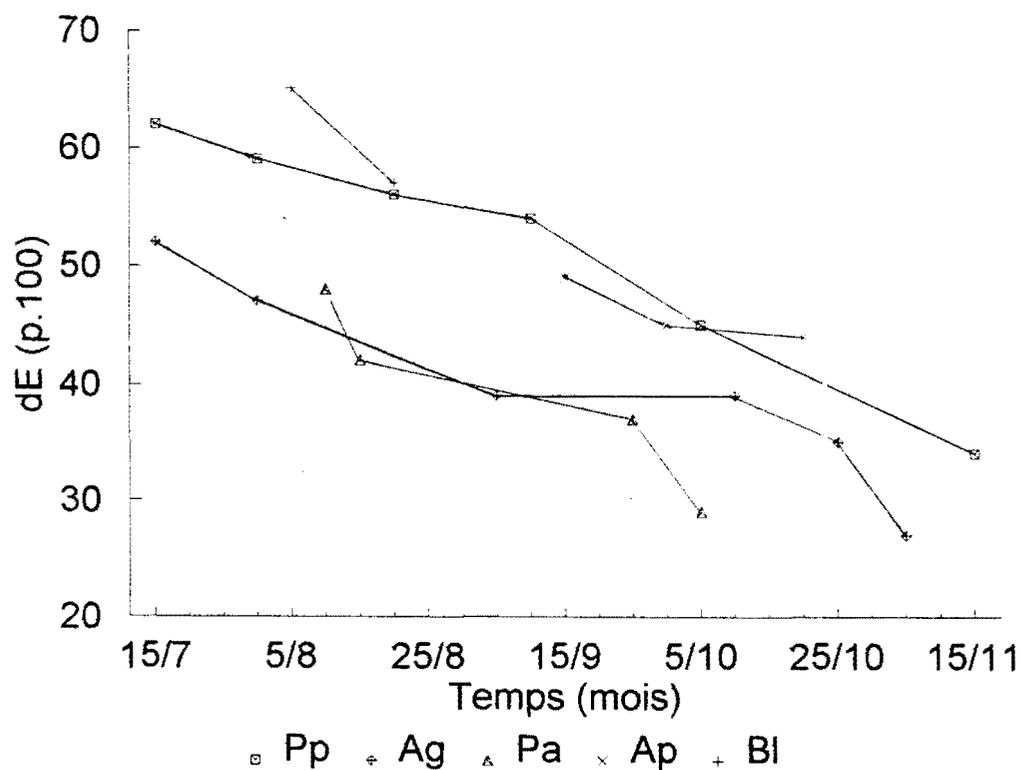


Figure VI-5 : Evolution en fonction du temps (mois de l'année) de la digestibilité (en p.100) de l'énergie (dE) des foins des différentes espèces.



Une liaison très étroite lie la dE et la dMS ou la dMO :

$$dE = -1.163 + 0.987 \text{ dMS} \pm 1.408 \quad r = 0.991 \quad n = 27$$

$$= -1.692 + 0.963 \text{ dMO} \pm 1.057 \quad r = 0.995 \quad n = 27$$

Les valeurs de dE sont plus faibles que celles de dMO correspondantes d'environ 3 points et plus proches de celles de dMS.

L'énergie digestible (ED) a varié de 2666 avec *B. lata* à 1244 Kcal/Kg MS avec *A. gayanus* à l'état de paille.

L'ED étant le produit de l'énergie brute et de la dE, elle est donc fortement corrélée à cette dernière ($r = 0.98$) et, comme elle, sera soumise aux mêmes facteurs de variation. Elle est aussi par voie de conséquence fortement liée à la dMS ($r = 0.973$) et la dMO ($r = 0.974$).

III- FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE

1- L'espèce et l'âge

Une analyse de variance appliquée à l'ensemble des données de dMS, dE et de digestibilité de chacun des constituants du fourrage, montre un effet espèce et stade très significatif ($p < 0.001$). Il y a une baisse progressive de la digestibilité avec la maturité du fourrage. Les variations significatives de dMO et dMA pour une espèce en fonction du stade sont données en exemple au tableau annexe VI-1.

Par ailleurs, à même stade phénologique, on constate des différences entre espèces, et une meilleure utilisation digestive avec les Ga.

2- Le niveau alimentaire

Certains des foins précédemment étudiés ont été distribué en quantité limitée, correspondant à une alimentation voisine de l'entretien estimée à environ 40 g/kg p0.75, soit 23 g de MOD pris comme niveau alimentaire d'entretien.

Tableau VI-5 : Variation de la dMO des foins en fonction du niveau d'alimentation.

Espèces et stades	MS ingérée g/kg p0,75	Niveau alimentaire	dMO	Différence
<i>P. pedicellatum</i>	80,5	2,2	61,2	3,6
Tallage	40	1,13	64,8	(5,56 %)
<i>P. pedicellatum</i>	58,5	1,45	60,8	1,2
Epiaison	40	1,04	59,6	(1,97 %)
<i>B. lata</i>	98,0	2,56	60,6	3,4
Epiaison	40	1,13	64,0	(5,31 %)
<i>A. gayanus</i>	52,9	1,13	48,6	0,4
Tallage	40	0,85	49,0	(0,82 %)

L'objectif d'un tel essai est d'apprécier l'influence des quantités limitées sur les valeurs de dMO selon l'espèce et le stade phénologique.

Les résultats obtenus (tableau VI-5) montrent une variation de 3,6 à 0,4 points p.100. Le fourrage distribué en quantité limitée a une dMO supérieure de 5.56 à 0.82 %.

La variation est liée au niveau alimentaire, et il apparaît que la différence de dMO entre les 2 niveaux est d'autant plus importante que le fourrage est jeune, mais qu'avec les fourrages les moins digestibles ou récoltés à des stades tardifs, le tri beaucoup plus important effectué par les animaux tamponne cet effet. C'est ce qui est observé chez *P. pedicellatum* au stade épiaison, où la dMO du fourrage distribué en quantité limitée est supérieure à celle ad libitum.

3- Le mode de présentation

Les graminées tropicales sont de haute taille, pouvant atteindre 3 m, voire plus, avec certaines pérennes. Elles ont aussi des grosses tiges qui se lignifient rapidement au cours de la saison. La distribution du fourrage lors des essais de digestibilité est considérablement facilitée par son hachage.

Avant la mise en place de la série d'essais de digestibilité, nous avons voulu savoir si le mode de présentation : fourrage entier ou grossièrement haché en brins de 10 à 15 cm, pouvait influencer sur la digestibilité et l'ingestibilité de nos fourrages. L'essai n'a été menée qu'avec *P. pedicellatum* récolté au stade épiaison. Le taux de refus admis a été de 35%.

Les caractéristiques chimiques des fourrages offerts et ingérés, les quantités ingérées et les coefficients de digestibilité sont donnés au tableau VI-6.

Le hachage a favorisé le tri par l'animal des parties les plus nutritives et la teneur en MAT du fourrage ingéré s'en est trouvée légèrement accrue par rapport au fourrage entier. Des différences significatives ($p < 0.05$) sont alors observées pour la digestibilité des matières azotées et du NDF.

Tableau VI-6 : Caractéristiques chimiques (g/kg MS), ingestion (g/kg P0,75) et digestibilité (p.100) du *P. pedicellatum* au stade épiaison distribué entier et haché

		<i>P. pedicellatum</i> entier	<i>P. pedicellatum</i> haché
Composition du fourrage offert (g/kg MS)	MS	919	919
	MO	871	871
	MAT	51	51
	NDF	780	780
Composition du fourrage ingéré (g/kg MS)	MO	88,8	88,1
	MAT	83	87
	NDF	701	682
Ingestion g MS/kg P0,75		62	60,9
CUD (p.100)	MS	60	59
	MO	61	61
	MA	52 a	58 b
	NDF	69 a	60 b

Les différences significatives ($p < 0.05$) sont notées par des lettres différentes pour un constituant entre les deux formes du fourrage.

Tableau VI-7 : Composition chimique et digestibilité d' *A. gayanus* distribué en vert et sous forme de foin.

		<i>A. gayanus</i> Vert	<i>A. gayanus</i> Foin
COMPOSITION CHIMIQUE	MS p.100	43,5	93,9
	MO g/kg MS	942	941
	MAT "	30,1	27,9
	NDF "	790	820
	ADF "	477,5	471,7
	ADL "	71,5	74,8
DIGESTIBILITE	MS p.100	53 a	48 b
	MO "	55 a	50 b
	MA "	24	19
	NDF "	52	50
	ADF "	45	49
	ADL "	-16	28
INGESTION	g/kg p0.75	45,1	40,2
	Taux de refus (%)	23	15

Les différences significatives ($p < 0,01$) sont notées par des lettres différentes pour un constituant entre les de formes du fourrage.

Les effets escomptés du hachage du foin, en particulier l'accroissement de l'ingestion volontaire, n'ont pas été retrouvés dans cette expérience, ce qui pourrait s'expliquer par le degré de hachage adopté. Ce dernier a été grossier; un tel traitement est sans impact au niveau de l'animal; il facilite cependant la distribution à l'auge et sera de ce fait adopté pour les foins distribués chaque fois que la nécessité se fera ressentir.

4- Effet de la conservation

Une seule comparaison est effectuée entre du fourrage d'*A. gayanus* au stade épiaison distribué en vert et sous forme de foin.

La fenaison a entraîné une légère diminution des teneurs en MAT et une augmentation de celle des parois (tableau VI-7).

La digestibilité du fourrage vert est supérieure de 5 points environ à celle du foin pour la MS, la MO et les MA pour des teneurs en MAT du fourrage ingéré proches. En outre les différences de digestibilité entre fourrage vert et foin ont dû être légèrement amplifiées par le taux de refus, donc le tri, moins important avec le foin.

Les MAND calculées restent en dessous des normes de 40 g/kg MS. La digestibilité mesurée dans une telle situation ne correspond pas à la digestibilité potentielle du fourrage, mais à celle permise par les facteurs limitants dont les teneurs faibles en MAT.

C'est pourtant dans une situation analogue que l'on se trouve pour la quasi totalité des graminées tropicales dès l'épiaison en l'absence de toute complémentation.

5- Digestibilité et teneur minimale en MAT

A l'issue de l'étude de l'évolution des productions en MS et des constituants chimiques des fourrages, nous avons conclu à la meilleure adéquation quantité et qualité et période d'exploitation pour la préparation des foins, au stade phénologique de l'épiaison. Malheureusement, à cette période, la dMS et la dMO et encore plus la dMA, du fait des

Tableau VI-8 : Nature et taux du complément associé aux différentes graminées et ingestion de matière sèche (g/kg P0,75) des rations.

Rations	Foin de base	Taux de refus (p.100 MS)	Nature du complément	Taux du complément (p.100 MS)	Ingestion tota- le (g MS / kg P0.75)
1	<i>A. gayanus</i>	22,6			45,1
2	vert		TC	10	49,2
3	<i>A. gayanus</i>	20,1			39
4	foin		TC	12,9	46,8
5	<i>P. anabaptistum</i>				49,1
6	foin		TC	11,8	50,3
7			S2	21,9	65,0
8			TN-1	22,2	66,6
9	<i>P. pedicellatum</i>	35			62,0
10	foin	27,5	N1	23,4	71,5
11		28,1	N2	23,4	69,5
12	<i>A. gayanus</i>	35			45,8
13	foin		N2	29,8	57,5

teneurs en MAT qui ont considérablement diminué, sont fortement affectées par rapport au stade jeune.

Une amélioration de la teneur en MAT de ces fourrages est souvent nécessaire ou souhaitable jusqu'à un minimum fixé à environ 7 p.100 par Milford et Minson (1965a) dans le cas d'ingestion de fourrages pauvres. Une telle complémentation favorise l'activité cellulolytique des bactéries du rumen et donc la digestion des parois végétales. La digestibilité mesurée correspondrait alors à la digestibilité potentielle des fourrages si d'autres facteurs limitants tels que les minéraux ne sont pas mis en cause.

Parmi les 5 graminées suivies, 2 d'entre elles ont été écartées. Il s'agit de *B. lata* qui a une bonne digestibilité à l'épiaison, et de *A. pseudapricus* de dMA nulle, pour laquelle une complémentation dans ces conditions risque d'être coûteuse. Les 3 autres graminées *A. gayanus*, *P. anabaptistum* et *P. pedicellatum* sont utilisées en vert ou en foin et complémentées avec 2 types de sources azotées : du tourteau de coton ou des fanes d'une légumineuse *Vigna unguiculata* (niébé) pour laquelle 3 variétés sont testées :

- la variété KN1 récoltée à deux stades : avant la maturation des gousses (N1) et après la maturation des gousses (N2)
- la variété Suvita 2 (S2)
- la variété TN1 récoltée, comme la précédente, à la floraison.

Le tableau VI-8 indique, pour chaque fourrage de base, le taux de refus admis; le type et taux de complément qui lui est associé et l'ingestion de MS consécutive à chaque régime offert.

Le tableau VI-9 donne la composition chimique des rations distribuées et la teneur en MAT de l'ingéré qui est au moins égale à 7 p.100 pour les régimes complémentés.

La quantité de matière sèche totale ingérée est légèrement améliorée par la complémentation qui s'est traduite aussi par un accroissement significatif de la dMA à l'exception des régimes complémentés avec les fanes N2. Cette variété paraît moins intéressante même à un stade plus précoce (N1) car en dépit d'une augmentation des teneurs en MAT dans l'ingéré de 39 p.100 du régime auquel elle est associée par rapport au régime de base les deux dMA sont équivalentes (tableau VI-10).

Tableau VI-9 : Composition chimique (g/kg MS) des rations distribuées et teneurs en MAT (g/kg MS) des aliments ingérés.

RATION		DISTRIBUEE					INGEREE
		MO	MAT	NDF	ADF	ADL	MAT
<i>A. gayamus</i>	vert	942,0	30,1	790,0	477,5	71,5	35,4
"	+ TC	940,6	70,3	739,0	448,7	69,9	80,6
<i>A. gayamus</i>	foin	941,1	27,9	820	501,2	74,8	31,0
"	+ TC	939,5	80,2	707,9	425,1	68,6	83,2
<i>P. anabaptistum</i>	foin	953,7	43,9	759,6	418,5	72,6	43,9
"	+ TC	950,8	89,7	702,8	391,4	70,7	89,7
"	+ S2	932,8	79,5	693,8	396,8	68	79,5
"	+ TN1	936,2	79,6	703,5	411,5	72,2	79,6
<i>P. pedicellatum</i>	foin	871	51,0	732,9	484,1	42,2	87
"	+ N2	869	67,1	722,6			92
"	+ N1	854,7	96,2	673,7			121
<i>A. gayamus</i>	foin	947,3	46,3	779,9	488,6	65,6	69,3
"	+ N2	923,9	62,6	752,8			70,4

Tableau VI-10 : Digestibilités comparées des régimes de bases et des régimes complétés jusqu'à un taux minimum de 7 p.100 en MAT.

Régimes		dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF	dADL	dMM
<i>A. gayamus</i>	vert	53	55	24	52	45	-16	21
	" vert + TC	55	56	43*	52	49	-15	26
<i>A. gayamus</i>	foin	48	50	19	50	49	28	13
	" foin + TC	49	52	52**	50	49	36	11
<i>P. anabaptistum</i>	foin	49	51	33	47	40	-5	13
	" + TC	58**	60**	58**	55*	51*	20	16
	" + S2	47	48*	56**	42*	36	-11	28
	" + TN1	45	47*	51**	43*	38	-4	23
<i>P. pedicellatum</i>	foin	59	61	58	60			49
	" + N2	58	59	47*	57			43
	" + N1	54	55	59	48*			
<i>A. gayamus</i>	foin	44	46	44	44			13
	" + N2	53*	54*	43	50*			18

Les différences significatives sont notées pour les régimes complétés par rapport aux régimes de base :

* p<0.01 ; ** p<0.001

La différence fondamentale entre les 2 sources utilisées réside dans la digestibilité de leurs parois : meilleure pour le tourteau de coton, et d'une façon générale inférieure pour les fanes de légumineuses aux rations de foins. Il n'y a que la variété N2 qui aurait une digestibilité des parois supérieure à celle d'*Andropogon gayanus*.

IV- VALEUR NUTRITIVE DES FOINS

La valeur nutritive des foins est déterminée en calculant leurs valeurs énergétiques et azotées.

Le système "énergie nette " mis au point par l'INRA en 1978 permet de calculer la teneur en énergie nette (EN) d'un aliment à partir de la détermination de l'énergie brute (EB), de l'énergie digestible et du rapport entre les énergies métabolisable et digestible (EM/ED). Les différents termes : EB, ED, EM ont été prédits (Demarquilly et al., 1978; Vermorel, 1978) avec précision à partir de la composition chimique et de la digestibilité de la MO en utilisant des équations spécifiques à chaque type de fourrages (Andrieu et Demarquilly, 1989).

Les deux nouveaux systèmes : unités fourragères <<lait>> (UFL) et unités fourragères <<viande>> (UFV) proposés à partir de 1978 seront utilisés. Ils permettent de différencier l'énergie nette nécessaire aux différentes productions, contrairement au système des unités fourragères (UF) précédemment conçu pour couvrir selon le cas, soit les besoins d'entretien et de production (tables Leroy), soit les besoins d'engraissement (tables Hollandaises).

Pour les constituants azotés, le système PDI établi en France (INRA, 1978) est appliqué. Il tente d'exprimer la valeur azotée des aliments en quantité de protéines réellement digestible dans l'intestin grêle. Ces protéines sont la somme de protéines alimentaires digestibles (PDIA) ayant échappé à la dégradation dans le rumen et des protéines microbiennes digestibles (PDIM) synthétisées par les microorganismes du rumen à partir de l'azote alimentaire et de l'énergie dégradés dans le rumen.

Tableau VI-11 : Régressions de prédiction de l'énergie digestible (ED en kcal/kg MS) des foins à partir de la composition chimique (en g/kg MS).

Variables de prédiction (x1, x2)	Regressions				r ²	
MAT	ED	=	1602 + 8,328 x	±	248	0,629
Cendres		=	1411 + 76,95 x	±	264	0,579
CB		=	4160 - 5,118 x	±	261	0,590
NDF		=	4159 - 2,799 x	±	302	0,448
ADF		=	3822 - 4,104 x	±	291	0,492
ADL		=	2877 - 17,34 x	±	343	0,291
Cellulose		=	3587 - 3,981 x	±	312	0,41
MAT+ADL		=	2045 + 7,220 x1 - 8,249 x2	±	234	0,684

Tableau VI-12 : Besoins énergétique et azoté pour des agnelles de 30 kg en croissance selon INRA (1989) et apports énergétique et azoté des foins calculés à partir des quantités de MS ingérées aux différents stades phénologiques.

		UFL	PDI
BESOINS	Entretien	0,44	34
	" + 50 g/j	0,72	45
	" + 100 g/j	1,0	56
	" + 150 g/j	1,28	67
APPORTS	<i>P. pedicellatum</i>	0,59 à 0,16	48 à 6
	<i>A. gayanus</i>	0,41 à 0,08	29 à 5
	<i>P. anabaptistum</i>	0,32 à 0,13	28 à 5
	<i>A. pseudapricus</i>	0,24 à 0,19	8 à 7
	<i>B. lata</i>	0,84 à 0,62	90 à 81

Les valeurs en EM, UFL et UFV sont donc calculées à partir de la mesure de l'ED (Andrieu et al., 1981); celles de PDIN et PDIE à partir des équations proposées pour les foins par Demarquilly et al. (1981), intégrant les teneurs en MAT et CB du fourrage.

L'EM moyenne de toutes les espèces, tous stades confondus, est de 1692 ± 337 Kcal/kg MS. Les valeurs vont de 2274 kcal pour *B. lata* à 977 kcal/kg MS pour la paille d'*A. gayanus*.

L'EM est elle aussi hautement corrélée à la digestibilité de la MS et de la MO, au contenu en ED et aux différents constituants chimiques du foin (tableau VI-11).

Lorsque l'on compare le stade ultime des foins (qui est le reflet de la saison sèche) au stade tallage, les valeurs en énergie nette (UFL et UFV) vont du simple au double. L'écart de valeurs azotées est lui aussi important, et la paille sur pied est très pauvre en éléments nutritifs.

En l'absence de tables de besoins de nos animaux, nous nous sommes basée sur les normes établies (INRA, 1989) pour des agnelles de 30 kg en croissance, car leurs gains de poids plus faibles comparés aux mâles s'apparentent mieux à notre situation.

Pour les stades étudiés, les fourchettes de variation des valeurs énergétique et azoté par espèce, calculées à partir des quantités ingérées, sont données au tableau VI-12

On constate que :

1- La production animale à partir de la plupart des foins étudiés est limitée aussi bien par un apport azoté qu'énergétique déficient.

2- La couverture des besoins d'entretien ne peut être assurée que par la distribution comme seul aliment du foin de *P. pedicellatum* au stade tallage et ceux de *B. lata* jusqu'à l'épiaison.

3- Pour *B. lata*, contrairement aux autres espèces, le déficit énergétique est plus accentué; l'apport azoté à l'épiaison étant supérieur à un besoin de production de poids vif de 150 g/j.

Figure VI-6 : Variation de l'ingestibilité (MSI en g/kg P0,75) en fonction de la digestibilité de la matière organique (dMO en p.100) des foins.

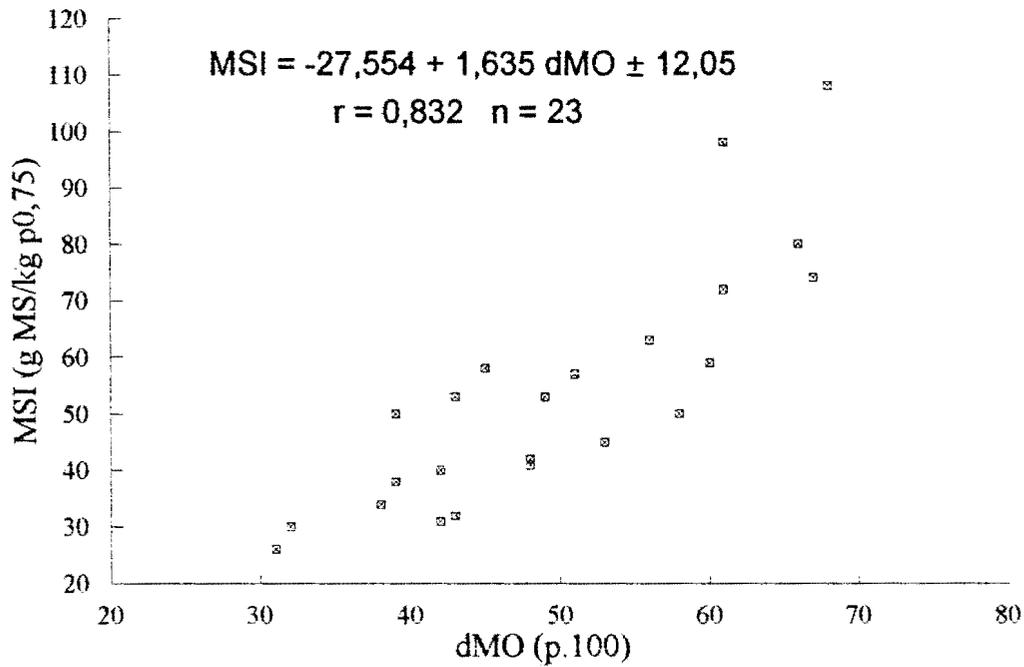
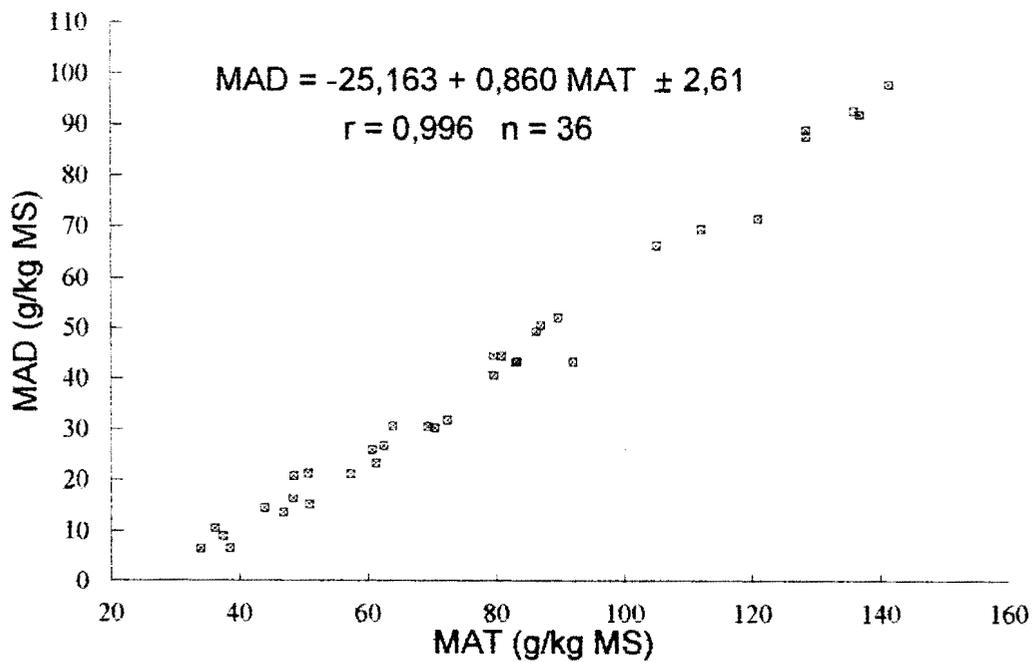


Figure VI-7 : Relation entre les teneurs en matières azotées digestibles (MAD g/kg MS) et les teneurs en matières azotées totales (MAT g/kg MS) des foins.



V- PREVISION DE L'INGESTIBILITE ET DES DIGESTIBILITES DES FOINS

1- prévision de l'ingestibilité

L'exploitation plus tardive d'un fourrage se traduit par une baisse des quantités de foin ingérées par l'animal, suite à une modification de la composition chimique et de la dMO. La diminution de la dMO des foins explique 69 p.100 de la diminution de la quantité de MS ingérée (figure VI-6). Les deux paramètres sont liés par la relation suivante :

$$\text{MSI g/kg p0.75} = - 27.554 + 1.635 \text{ dMO} \pm 12.05 \quad r = 0.832 \quad n = 23$$

La relation linéaire trouvée indique qu'une diminution de dMO de un point se traduit par une diminution d'ingestion de 1.6 g de MS/kg P0.75.

On constate, cependant, que l'espèce végétale peut être un facteur de variation important à considérer lors d'une telle prédiction, puisqu'à même digestibilité la quantité de MS ingérée peut être très différente. Ainsi par exemple, avec *B. lata* elle est 36 g/kg P0.75 (soit de 49 %) plus élevée qu'avec *P. pedicellatum* ce qui correspond à 21g de MODI/kg P0.75.

La teneur en MAT du foin distribué explique 89 p.100 de la variation de la quantité de MS ingérée et la CB 83 p.100. Les autres éléments, dans l'ordre d'importance, sont : ADF, NDF et ADL qui peuvent aussi être utilisés comme "prédicteurs" des quantités ingérées, les relations étant toutes significatives ($p < 0.05$). Aucun gain de précision n'est obtenu par association de la MAT a un quelconque élément de parois.

2- Prévision des digestibilités des différents constituants à partir de la composition chimique.

2.1- Relations entre les teneurs en MAD et MAT des rations

A partir des différentes rations de foins, nous avons pu établir une relation linéaire reliant les teneurs en matières azotées digestibles (MAD) et en MAT (figure VI-7).

Les deux paramètres sont fortement corrélés indiquant que la dMA est avant tout fonction de la teneur en MAT.

$$\text{MAD (g)} = -25.163 + 0.860 \text{ MAT (g)} \pm 2.61 \quad r = 0.996 \quad n = 29$$

MAT de 34 à 141 g moyenne = 74g

Dans une telle équation, la digestibilité réelle des MAT correspond à la pente de la régression; elle est donc de 86 p.100. La valeur de la fraction azotée non alimentaire retrouvée dans les fèces correspond, elle, à l'ordonnée à l'origine, ce qui revient à une excrétion d'azote fécal métabolique de l'ordre de $25,16/6,25 = 4,03$ g/Kg de MS ingérée. Les teneurs en matières azotées non digestibles (MAND) calculées à partir des quantités ingérées et de la digestibilité apparente sont de l'ordre de 35.5 ± 5.3 g.

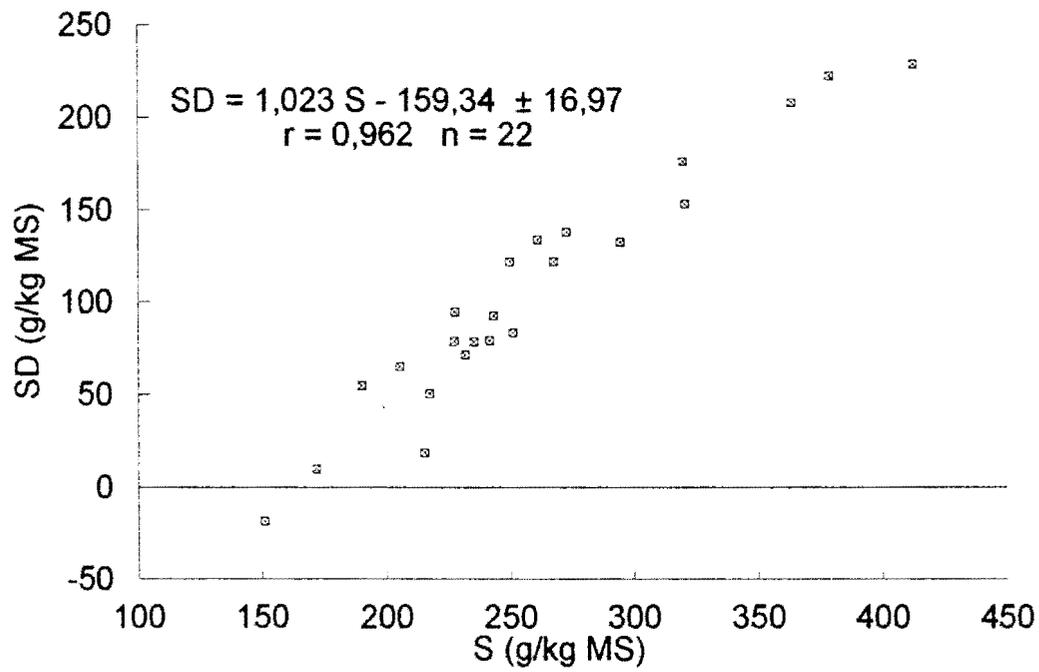
2.2- Relations entre les digestibilités des parois et les teneurs en ces parois

Il n'y a qu'avec le NDF qu'on trouve une relation significative ($p < 0.05$) entre digestibilité et teneur ($r = 0.57$). L'ETR est cependant élevé (11 points de digestibilité), car à teneur équivalente en NDF de l'ingéré, la digestibilité peut être très différente selon l'espèce. Par exemple, avec une teneur dans l'ingéré de 750 g, la dNDF est de 65 et 40 p.100 pour respectivement *P. pedicellatum* et *A. gayanus*. Les différences de digestibilité proviennent probablement des teneurs en ADL plus faibles pour *P. pedicellatum* que pour *A. gayanus* : 41 contre 57 g/kg MS. Les teneurs variables dans les fèces (675 et 784 g/kg MS respectivement) expliquent l'ETR élevé de 55 g de l'équation reliant le NDF fécal et ingéré (tableau annexe VI-2).

2.3- Relation entre les constituants solubles digestibles (SD) et les constituants solubles totaux (S)

La fraction soluble (S) des foins correspond à celle éliminée lors du dosage du NDF selon Van-Soest. Elle est donc égale à $1000 - \text{NDF}$ (g/kg MS).

Figure VI-8 : Relation entre les fractions soluble digestible (SD g/kg MS) et soluble ingérée (S g/kg MS) des foins.



SD est liée à S par la relation linéaire suivante (figure VI-8)

$$SD = 1.023 S - 159.34 \pm 16.97 \quad r = 0.962 \quad n = 22$$

SD et S en g/kg MS

qui montre que la digestibilité réelle de S est de l'ordre de 1.

2.4- Prédiction de la valeur énergétique à partir de la composition chimique des foins et des fèces

L'analyse de nos données nous indique que la dMO des foins peut être prédite à partir de la composition chimique du fourrages ingéré et encore mieux de celle des fèces émises (tableau annexe VI-3). Il en est de même pour la dE et l'ED en l'absence de mesure de digestibilité (tableau annexe VI-4), bien que les précisions soient moins bonnes.

De tous les critères chimiques analysés, les MAT et les cendres dans l'ingéré et la CB dans les fèces (pour la dMO) sont ceux qui rendent le mieux compte des variations de dMO, dE et ED des foins.

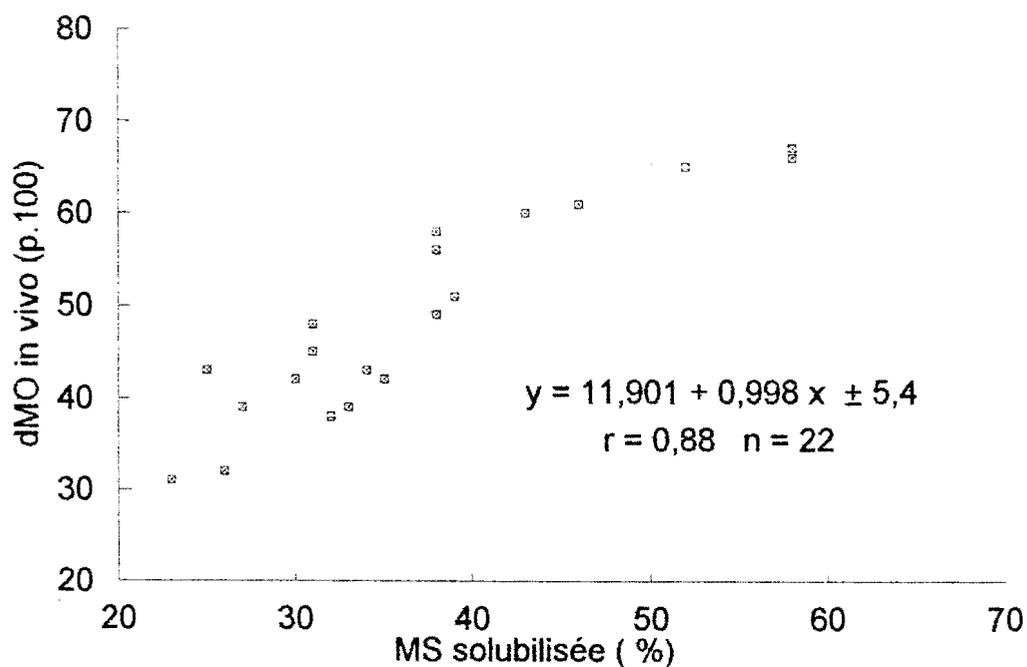
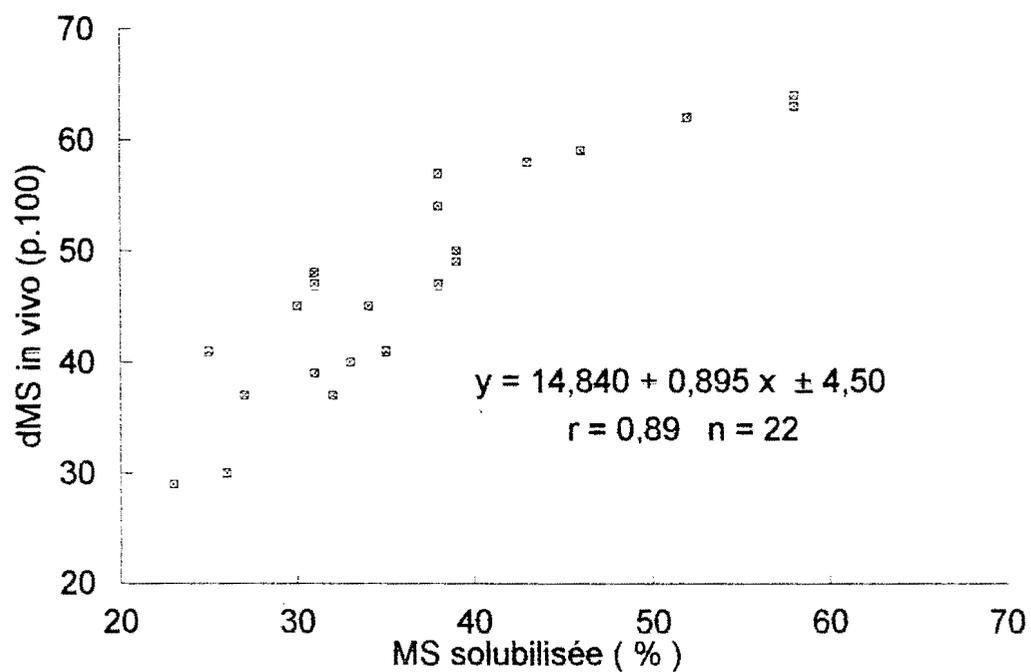
Les éléments de la paroi du fourrage ingéré, qui évoluent en sens inverse de la dMO, sont de moins bons "prédicteurs" avec des coefficients de corrélation plus faibles et surtout une précision des équations moins bonne (tableau annexe VI-3).

La prise en compte de deux critères MAT et CB pour la dMO; MAT et cendres pour la dE et MAT et lignine pour l'ED, n'améliore que peu les précisions, quand les équations de régression sont établies espèce par espèce. Dans ce dernier cas, les relations sont plus étroites et l'ETR est réduit de 2 à 3 points.

3- Prédiction de la dMS et dMO à partir d'une méthode enzymatique

La principale caractéristique de l'activité de la microflore du rumen est son activité cellulosique. Ce fait a conduit de nombreux auteurs à utiliser des enzymes cellulolytiques dans la reproduction des phénomènes de digestion.

Figure VI-9 : Relations entre digestibilités in vivo (p.100) de la MS (dMS) et de la MO (dMO) et la solubilité pepsine cellulase de la MS.



Une de ces méthodes (Aufrère, 1982) a été appliquée à nos foins.

La solubilité de la MS obtenue permet une prédiction de la dMS et de la dMO in vivo (figure VI-9). L'ETR, qui est de 5.4 point pour la dMO, est plus faible de 2 points que celui obtenu avec la meilleure des équations établies à partir de la composition chimique.

DISCUSSION

L'ingestibilité

* Ses variations

L'ingestibilité dépend comme la digestibilité des facteurs âge et stade de développement.

Pour nos foins, l'ingestibilité diminue avec l'âge du fourrage. Sur des périodes de 30 à 95 jours selon l'espèce, la diminution journalière a été voisine (0.39 à 0.49 g/kg p0.75), quoique pour une espèce donnée elle ne soit pas uniforme sur le cycle, et tend à s'accroître avec l'âge du fourrage.

De nombreuses valeurs d'ingestibilité de fourrages tropicaux existent dans la littérature pour des espèces en vert: 30.0 à 68.5 g/kg p0.75 (Minson, 1972); 43 à 66.8 g/kg p0.75 (Minson et Bray, 1985); 44 à 54 g/kg p0.75 pour *A. gayanus* (Dieng et al., 1991), ou sous forme de foins : (45.1 à 52.9 g/kg p0.75 (Butterworth et Butterworth, 1965); 39.7 à 68.5 g/kg p0.75 (Ventura et al., 1975); 35 g/kg p0.75 (Gihad, 1976).

Des taux de refus variables (de 5 à plus de 50 %) ont été appliqués, alors que l'ingestibilité se trouve être influencée par les quantités de MS offertes (Hagggar et Ahmed, 1970) qui conditionnent le degré de tri opéré par l'animal (Zemmelink et al., 1972), dans le cas des fourrages pauvres.

Les taux de refus de 15 à 25 p.100 appliqués dans notre cas ne permettent pas toujours, passés les stades jeunes, un apport suffisant d'énergie nette et de PDI pour assurer l'entretien des animaux, lorsque les fourrages constituent le seul élément de la ration. Dès lors, nous pouvons convenir qu'il puisse être fixé aux environs de 40 p.100,

comme préconisé par Butterworth et Arias (1965), si l'on veut obtenir une ingestion maximale. Ce taux reste encore trop faible pour les stades pailles comme le montre nos résultats, et dans ces cas, une complémentation s'avère alors nécessaire.

Certains travaux ont en effet montré que l'ingestibilité des fourrages pauvres pouvait être accrue par l'amélioration des teneurs en MAT des régimes.

Les besoins en azote des microorganismes du rumen responsables de l'activité cellulolytique ont été estimés de diverses façons : 7 p.100 de MAT minimum dans le cas des fourrages pauvres (Milford et Minson (1965a); 135 g de MAT/Kg de MOD dans le système PDI (INRA, 1978) car les besoins dépendent de la quantité d'énergie fermentescible présente.

Avec nos rations complémentées jusqu'à au moins 7 p.100, l'ingestion totale de MS s'est accrue et on note un phénomène de substitution du régime de base par le complément. Ainsi, la distribution des fanes de "niébé" en complément se traduit par une réduction de l'ingestion du foin. Le taux de substitution reste cependant faible entre 0.34 et 0.46.

* Sa prédiction

Des 5 espèces étudiées, *B. lata* est la plus riche en MOD, a la digestibilité de l'énergie et la teneur en énergie nette la plus élevée, contient plus de constituants solubles digestibles et moins de parois non digestibles. Toujours pour cette espèce, la plus forte dMS est associée à une plus forte ingestibilité.

Ingestibilité et dMS ont évolué dans le même sens pour nos foins. La relation linéaire, qui a par ailleurs été établie avec d'autres graminées tropicales (Grieve et Osbourn, 1965; Milford et Minson, 1968; Hagggar et Ahmed, 1970; Playne et Haydock, 1972; Minson, 1972; Van Soest et al., 1978) est plus ou moins étroite (r variant de 0.4 à 0.73) mais aucune relation n'a pu être trouvée pour les espèces étudiées par Kawamura et al. (1985) caractérisées par des teneurs en MAT supérieures à 10 p.100.

La théorie de la limitation de l'ingestibilité par la masse de parois dans le rumen, et surtout sa dépendance vis à vis de la vitesse de dégradation après un temps de séjour court (Minson et Milford, 1967; Demarquilly et Chenost, 1969) est largement reconnue, faisant du NDF un critère de prévision relativement efficace pour la prédiction de l'ingestibilité (Van Soest, 1965; Dulphy, 1987).

Cependant, pour nos foins, c'est la teneur en MAT qui permet de prédire au mieux l'ingestibilité (tableau annexe VI-5), à cause probablement de la large plage de variations des teneurs en MAT, et aussi parce que la teneur en MAT évolue comme la proportion de feuilles, dont l'ingestibilité est bien supérieure à celle des tiges. Mais cela peut aussi être dû en partie au fait que des teneurs faibles en MAT n'assurent pas les besoins de la microflore et inhibent de ce fait la cellulolyse (Milford et Minson, 1965a).

La dMS, la dMO et la valeur énergétique

*** Ses variations**

Pour ce qui concerne la dMO, des évolutions et valeurs comparables à celles que nous avons obtenues ont été observées pour les graminées tropicales par d'autres auteurs. On peut citer à titre d'exemple les valeurs trouvées par les auteurs précédemment cités pour les quantités ingérées, à savoir pour les fourrages verts : 43.9 à 68.9 p.100 (Minson, 1972); 40.6 à 62.7 p.100 (Minson et Bray, 1985); 50 à 70 p.100 (Dieng et al., 1991) et pour les foins : 53.6 à 62 p.100 (Butterworth, 1965); 70 à 54 p.100 (Ventura et al., 1975; 59 p.100 (Gihad, 1976).

Nous avons mis en évidence des différences pouvant atteindre, notamment chez les graminées annuelles et vivaces, plus de 15 points entre les stades montaison et fructification. Il en est de même des variations de dE qui sont dues à celles de la dMO, lesquelles sur le cycle, proviennent des modifications de composition chimique consécutives au vieillissement du fourrage.

La diminution moyenne de dMO, comprise entre 0.19 et 0.23 point/jour, est comparable, mais moins variable que celle trouvée pour les fourrages verts tropicaux : 0.21 à 0.39 point/j (Chenost, 1973 et 1975), ou 0.18 à 0.41 point/j (Richard, 1987).

L'influence du niveau alimentaire sur la digestibilité a été étudiée par Demarquilly et Andrieu (1987) avec des fourrages verts. La dMO a diminué de 1.6 points (soit 2.2%) quand le niveau d'alimentation NA (NA = 1 à l'entretien) a augmenté de 1.14 à 1.63 (+0.49).

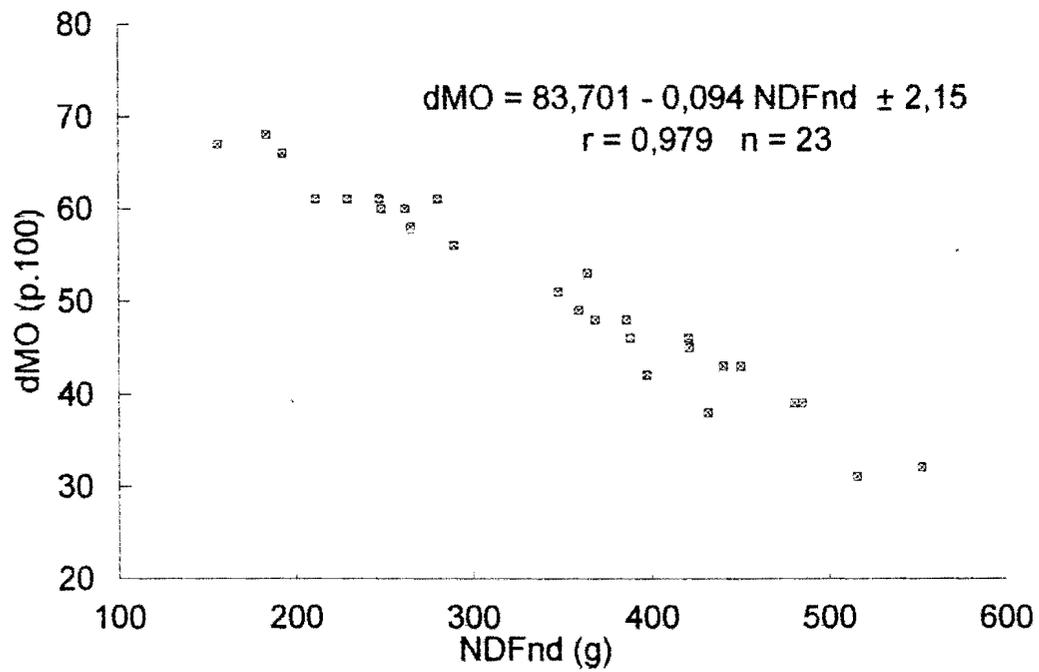
Avec des augmentations du niveau alimentaire plus importantes (+ 1.07 avec *P. pedicellatum* au tallage) et (+ 1.43 pour *B. lata* à l'épiaison), les diminutions de digestibilité que nous avons observées sont plus importantes : respectivement 5.56 et 5.31%. L'influence du NA sur la dMO, qui résulte de la diminution du temps de séjour du fourrage dans le rumen quand la quantité ingérée augmente, est donc nette. Encore faut-il préciser que cette influence a été tamponnée par la beaucoup plus grande possibilité de tri effectué par les animaux recevant le fourrage à volonté; l'ingéré de ces animaux est donc vraisemblablement potentiellement plus digestible que celui des animaux alimentés en quantité limitée. Cet effet est d'autant plus marqué que les stades d'exploitations sont tardifs, de sorte qu'à l'épiaison la digestibilité du *P. pedicellatum* distribué *ad libitum* est supérieure de 1.97% à celle du même fourrage distribué en quantité limitée.

* Sa prédiction

La digestibilité de l'énergie peut être prédite avec une bonne précision à partir de la dMS ou de la dMO. Les différences plus importantes avec la dMO proviennent des teneurs en lignine (43 à 107.3 g/kg MO) et en MAT (40.8 à 149.4 g/kg MO) plus élevées dans les fèces que dans l'aliment, et qui ont une énergie brute plus élevée que l'essentiel des autres constituants à savoir les glucides.

Les équations de régression très étroites ont aussi été obtenues, pour des graminées tropicales, par de nombreux auteurs (Butterworth, 1964; Jeffery, 1971; Minson et Milford, 1966; Heaney et Pigden, 19) entre la dE et la dMS et/ou la dMO (r variant de 0.86 à 0.996). L'écart type d'estimation est lui aussi du même ordre qu'avec nos foins. Il se

Figure VI-10 : Relation entre la dMO (p.100) et les teneurs en NDF non digestibles (NDFnd en g) des foins



réduit lorsque les espèces sont prises individuellement comme dans le cas des fourrages étudiés par Minson et Milford (1966).

Les écarts d'estimations assez faibles trouvés pour chaque régression indiquent que les équations établies peuvent être utilisées pour la prédiction avec une précision raisonnable.

Si l'on se place dans la fourchette de dMO de cette étude, les fourrages tempérés ont une dE (déterminée à partir de l'équation de Andrieu et Demarquilly, 1989) supérieure d'environ 3 points aux graminées tropicales pour une même dMO.

Il n'est cependant pas toujours possible de déterminer la valeur nutritive des aliments par des techniques *in vivo*. Plusieurs méthodes ont été préconisées pour prédire la valeur nutritive (cf revues de Demarquilly et Jarrige, 1981; Minson, 1982; Demarquilly, 1989). Il en ressort, que la digestibilité des éléments de la composition chimique peut être prédite à partir de leurs teneurs, et que celles plus globales de dMS et dMO peuvent l'être, mais avec moins de précision.

Les présents résultats confirment effectivement que lors de la prédiction de la dMO ou directement la valeur énergétique à partir de la composition chimique du fourrage, les valeurs sont souvent dispersées.

En fait, la teneur d'un constituant permet de mieux prédire sa propre digestibilité, en tout cas de façon très précise pour les MAT.

La dMO est, par contre, positivement et étroitement corrélée à la digestibilité des parois totales et plus que les teneurs dans l'aliment, la dMO est très dépendante des teneurs en la fraction non digérée des parois (NDFnd) comme le montre la figure VI-10. Ces résultats concordent avec ceux de Jarrige, 1980; Aufrère et al., 1992.

Il existe en fait peu de constituants intracellulaires d'origine alimentaire dans les fèces (Jarrige et Minson, 1964), comme le confirme l'équation établie pour nos foins entre la fraction soluble et sa digestibilité, ou pour d'autres fourrages tropicaux (Carlier et al.,

1976; Minson, 1984). La fraction indigestible de 159 g de S serait donc essentiellement d'origine métabolique.

La fraction de NDFnd évolue comme la teneur en NDF des foins; elle s'accroît avec l'âge, conséquence du vieillissement et de la modification de la composition morphologique (cf chapitre V).

La méthode enzymatique utilisant une cellulase a été appliquée aux fourrages tropicaux (Goto et Minson, 1977). Elle a permis une bonne prédiction de la dMS in vivo ($r = 0.94$) avec un ETR réduit de 2.66. Appliquée à des pailles d'espèces tropicales (Navaratne et al., 1990), l'estimation de la dMO est moins bonne ($r = 0.64$; ETR = 5.09).

La faiblesse de précision de notre équation (ETR = 5.4 pour la dMO), pourrait s'expliquer en partie par les échantillons de foins qui, au delà de l'épiaison, ont des caractéristiques qui s'apparentent de beaucoup à des pailles. Elle s'explique aussi, par le fait que la digestibilité pepsine-cellulase est mesurée sur le fourrage offert, alors que, la digestibilité in vivo correspond à celle du fourrage ingéré qui a une composition chimique différente, suite au tri plus ou moins important qu'ont effectué les animaux selon l'espèce et le stade phénologique.

Quoiqu'il en soit, la solubilité de la MS reste une meilleure méthode que la composition chimique pour prévoir la digestibilité de nos foins.

La valeur azotée

*** Ses variations**

Les teneurs en MAT des fourrages diminuent très rapidement au delà du tallage, conduisant pour de nombreuses espèces à des dMA négatives passé le stade de l'épiaison ou celui de la fructification.

La valeur azotée des foins exprimée en PDI qui en découle est faible. Sur la base des normes retenues (tableau VI-12), les quantités de PDI ingérées avec *A. gayanus*, *P. anabaptistum*, et *A. pseudapricus* sont inférieures aux besoins d'entretien des animaux et

ce, quel que soit le stade considéré. Une complémentation avec des sources azotées s'avère alors nécessaire pour les différentes espèces à l'exception de *B. lata*.

Selon la source azotée ou la variété de fane utilisée, la complémentation des graminées a eu ou pas un effet significatif sur la digestibilité des différents éléments; celle des MAT est améliorée sauf avec les fanes N2. Cette variété doit avoir une dMS et dMO pratiquement identique à celle du foin de *P. pedicellatum*, mais supérieure à celle d'*A. gayanus*. Cependant, il s'agit d'une légumineuse qui, lorsqu'elle ne contient pas de facteurs d'inappétence, est ingérée en plus grande quantité que les graminées (Reid et Jung, 1965).

* Sa prédiction

La variation saisonnière de la dMA, plus importante que celle de la dMO, suit la teneur en MAT des fourrages. La relation linéaire établie pour nos foins entre les MAD et les MAT a une précision acceptable (ETR = 2.67) autorisant son utilisation, et est du même type que celle trouvée avec les fourrages verts (Kawamura, 1985; Dieng et al., 1991; Dugmore et du Toit, 1988).

La digestibilité réelle des MAT des foins est très élevée (86 p.100). La valeur est identique à celle trouvée pour un nombre plus important de foins tropicaux (Milford et Minson, 1965b) et tempérés (Demarquilly et al., 1981), mais légèrement plus faible que dans le cas des fourrages verts tropicaux (Chenost, 1973 ; Richard, 1987).

La digestibilité apparente n'a guère dépassé 68 p.100 à cause des teneurs élevées en azote des fèces, provenant d'une part, de la fraction alimentaire non digestible, en moyenne 14 p.100, et qui correspondrait en majorité à la fraction de l'azote lié aux parois, et surtout des 25 g de MAT d'origine non alimentaire excrétée par kg de MS ingérée constituée pour 57 à 87 p.100 par des résidus bactériens (Mason, 1969).

CONCLUSION

En examinant les équations de prédiction proposées, on s'aperçoit qu'il n'est pas prudent de se baser sur la composition chimique des foins pour prévoir leur valeur

énergétique. Selon Demarquilly (1989), la prédiction est encore moins précise qu'à partir de l'âge et du stade, même dans le cas où les équations sont établies par espèces prises séparément.

La composition chimique n'est pas non plus un bon "prédicteur" de l'ingestibilité. La prédiction encore moins précise que pour la digestibilité car de nombreux facteurs organoleptiques auxquels s'ajoutent des effets de la saison (Michalet-Doreau et Xandé, 1987 ; Richard, 1987) interviennent, la température ayant une action dépressive sur la capacité d'ingestion des animaux.

Les valeurs d'ingestibilité et de digestibilité de nos espèces, en dehors de *B. lata* et des stades jeunes sont plutôt faibles. On sait que les valeurs des foins sont plus faibles que celles des fourrages verts correspondants (Noller et al., 1965) d'environ 18 p.100 (11 à 41 p.100) pour l'ingestibilité (Andrieu et Demarquilly, 1987) et d'au moins 4 points (soit 6 p.100) pour la digestibilité (Demarquilly, 1989).

Il n'empêche que, sur les pâturages de la zone d'étude, au delà de l'épiaison, la production animale est généralement faible (voire négative). Le facteur le plus limitant incriminé serait sans doute l'ingestion de MS qui a été plus variable (de 1.9 fois) que la digestibilité. Elle conditionne de ce fait plus que cette dernière la quantité de matière organique digestible ingérée (MODI) par les animaux.

La capacité d'ingestion limitée résulte probablement des teneurs élevées en parois des foins, entraînant une vitesse de dégradation plus lente, associée à un faible apport d'azote pour l'activité cellulolytique et la couverture des besoins des animaux.

Les critères de choix et de classification des espèces peuvent revenir à ce qu'elles contiennent au stade retenu pour leur exploitation, moins de parois et plus de MODI.

Dans ce cas, *B. lata* est de loin la meilleure, et d'une façon générale, la supériorité des annuelles établie à partir de la composition chimique est confirmée.

LES
LIGNEUX

Tableau VII-1 : Importance des ligneux choisis dans la zone d'étude : densité (nombre d'individus /ha).

ESPECES	ZONE D'ETUDE			
	PGa	PGv	PPBf	PBf
<i>Acacia machrostachya</i>	65 (5)	8	21	5
<i>Acacia seyal</i>	21	9	65 (8)	82 (2)
<i>Balanites aegyptiaca</i>	20	8	253 (1)	68 (3)
<i>Combretum aculeatum</i>	80 (2)	45	88 (5)	15
<i>Dichrostachys glomerata</i>	60	279 (1)	91 (4)	63 (4)
<i>Sclerocarya birrea</i>	77 (4)	12	45	10
<i>Securinega virosa</i>	78 (3)	139 (4)	60	38
<i>Ziziphus mauritiana</i>	30	241 (2)	97 (3)	10

Les valeurs () indiquent le rang d'importance de l'espèce appétée dans la zone d'étude.

CHAPITRE VII

PHENOLOGIE DES LIGNEUX

Les ligneux subissent sous l'influence des facteurs environnementaux (température, pluviométrie, hygrométrie ...) des modifications qui sont cycliques et saisonnières. En zone de savane ce cycle est rythmé par l'alternance des saisons sèche et pluvieuse à laquelle s'ajoute l'effet des feux de brousse. L'étude de la phénologie s'intéressera à la répartition dans le temps de ces modifications.

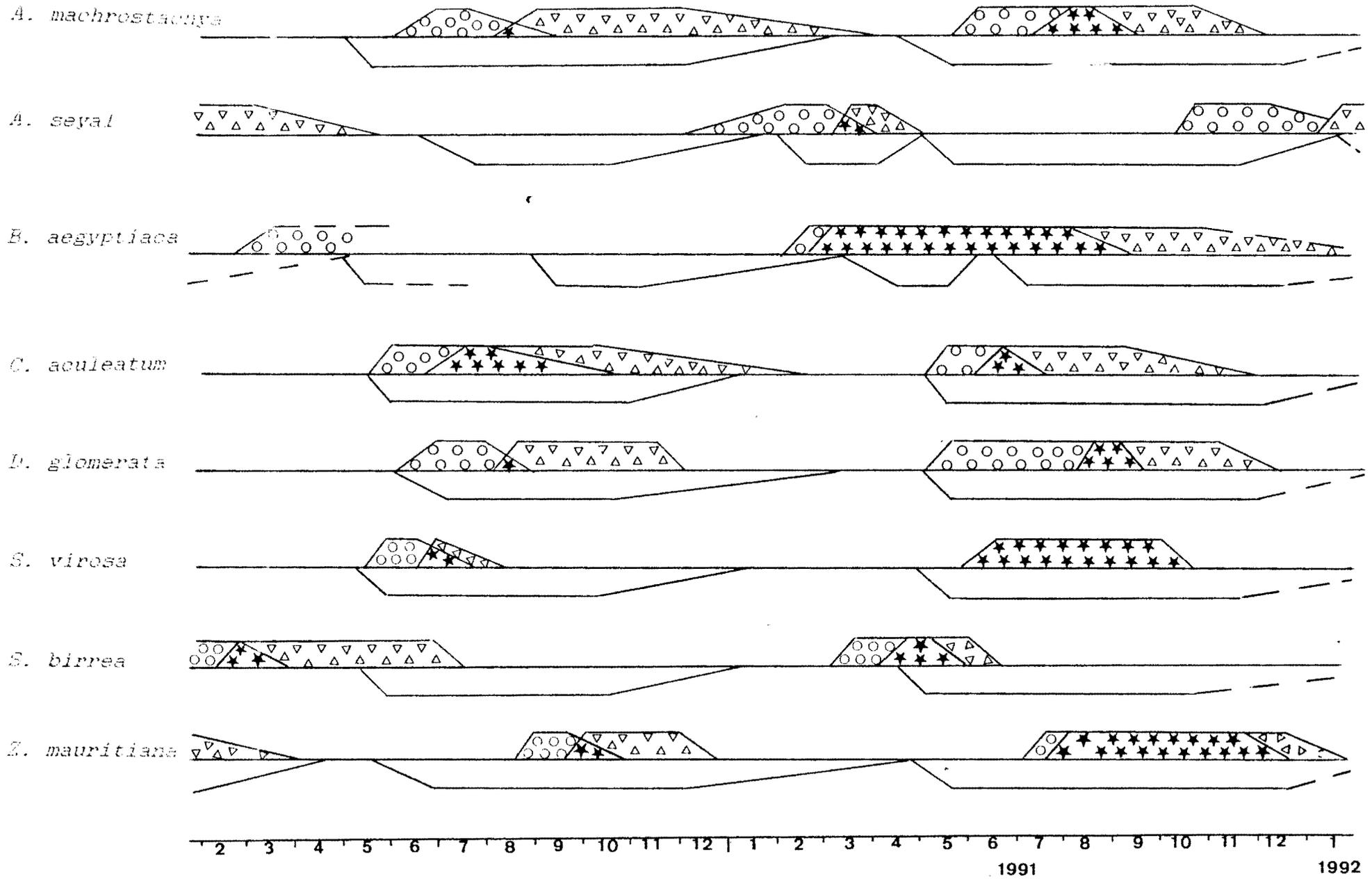
Dans ce travail, l'intérêt d'un suivi phénologique des ligneux est de nous permettre de déterminer la période d'activité des espèces, et surtout celle de la répartition au cours du temps du matériel végétal (feuilles, fleurs et fruits) consommé par les animaux. La prise en compte de la variation annuelle et saisonnière du disponible des ligneux appréciés permettra de :

- avoir une meilleure connaissance de la capacité des parcours
- situer les périodes de l'année pendant lesquelles on peut envisager la mise en réserves des divers organes.

L'étude de la phénologie a concerné 8 espèces ligneuses fourragères. Il s'agit de : *Acacia macrostachya*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum aculeatum*, *Dichrostachys glomerata*, *Sclerocarya birrea*, *Securinega virosa* et *Ziziphus mauritiana*. Ces 8 espèces sont suivies dans la zone d'étude des herbacées, pour lesquelles 3 principaux types de pâturages répartis en 4 sites ont été retenus. La densité des espèces retenues, qui sont parmi les plus dominantes de la zone d'étude, et leur classement par ordre d'importance sont donnés au tableau VII-1. Il y est fait abstraction des espèces dont aucun organe n'est reconnu apprécié.

Figure VII-1 : Plénogrammes des différences espèces de ligneux.

Feuillaison Floraison Fructification △▽ Floraison et fructification ☆☆



CYCLES PHENOLOGIQUES DES ESPECES

La forme de présentation des résultats adoptée pour synthétiser les observations effectuées sur les 2 années consécutives est le phénogramme classique (figure VII-1).

Il ne schématise que le début et la fin de chaque stade, en faisant totalement abstraction des évolutions à l'intérieur de chaque stade.

1- *Acacia macrostachia*

La feuillaison d'*A. macrostachya* a débuté en mai en 1990. Elle est tout de suite suivie, 1 mois plus tard, par la floraison. La fructification, s'installe le troisième mois après le début du cycle. Les gousses mûrissent progressivement. Elles sont sèches à partir de la mi-novembre. C'est sous cette forme qu'elles sont appréciées par les animaux. En fin mars, soit 8 mois après le début de la fructification l'espèce est totalement dépourvue de fruits et aussi de feuilles. La chute de ces dernières précède celle des fruits. Elles auront duré 8.5 mois. La feuillaison, la floraison et la fructification se superposent chez *A. macrostachya* pendant une période du cycle.

2- *Acacia seyal*

En 1990, le cycle d'*A. seyal* démarre pendant la période d'hivernage en mi-juin par la feuillaison. La floraison intervient au bout de 5 mois alors que la chute des feuilles est déjà amorcée. Une nouvelle feuillaison prend place en fin janvier alors que l'espèce est en pleine floraison et même début fructification pour certains individus. Les fleurs transformées en fruits poursuivent leur maturation. Il existe des gousses sèches dès la mi-mars et elles s'observeront sur l'arbre pendant environ un mois. La période où l'espèce reste totalement dénudée est très réduite (< 1 mois).

La seconde feuillaison d'*A. seyal* qui va de février à mars est intéressante puisqu'à cette période le disponible qualitatif et quantitatif des ligneux est crucial.

3- *Combretum aculeatum*

Chez *C. aculeatum* feuillaison et floraison démarrent en même temps (mi-mai en 1990). La fructification survient 1.5 mois après la floraison. En fin janvier les arbustes sont

totallement défoliés. Les gousses sèchent dès la fin septembre. Elles tomberont progressivement jusqu'en fin février.

La floraison de cette espèce a un caractère particulier. Elle est multiple. Nous avons observé 3 floraisons successives. La première débute avec la feuillaison et atteint son optimum en mi-juin. La seconde survient en mi-Août. La troisième atteint son optimum aux environs du 10 septembre. Le caractère multiple de la floraison fait que les fruits secs disséminants en fin Août coexistent avec des fruits encore immatures. La période fructifère est ainsi étalée.

4- *Ziziphus mauritiana*

Le démarrage des différentes phases phénologiques chez *Z. mauritiana* se succèdent. La feuillaison est observée à partir de la fin mai en 1990. La floraison prend place en mi-Août soit 2.5 mois après le début du déploiement des bourgeons foliaires. Un mois plus tard (en Septembre) les premiers fruits apparaissent. La fin de la fructification intervient avant celle de la feuillaison. Pendant 1 mois (Avril 1991), les pieds de *Z. mauritiana* sont totalement dénudés d'organes.

5- *Sclerocarya birrea*

En mi-Mai 1990, alors que *S. birrea* est en pleine fructification, l'espèce entame sa feuillaison. La floraison est intervenue bien évidemment plus tôt (1.5 mois avant la feuillaison). Les fleurs apparaissent en l'absence de tout autre organe. La défoliation commence dès la mi-Septembre et se poursuit jusqu'en fin novembre. De fin novembre à fin avril l'arbre n'a aucune feuille. La fin de la fructification est marquée par le mûrissement et la chute des fruits.

Alors que la majorité des individus de *S. birrea* est en pleine fructification en mi-Février 1990, quelques individus sont au stade Fl2. Ils connaîtront des avortements floraux et donc pas de fructification. Chez ces derniers, la feuillaison suivante intervient beaucoup plus tôt.

6- *Dichrostachys glomerata*

Feuillaison et floraison prennent place en même temps chez *D. glomerata* en fin mai 1990. La fructification suit 2 mois plus tard et à partir de la fin Novembre et jusqu'en mi-Février, c'est la fin feuillaison, marquée par la sénescence et la chute des feuilles au fil du temps.

7- *Securinega virosa*

Le début du cycle de *S. virosa* est semblable à celui de *D. glomerata*. La feuillaison et la fructification se superposent à partir de la moitié du mois de mai 1990. La floraison cède la place à une importante fructification observée 15 jours plus tard. La période fructifère est assez courte. A partir du mois d'Août les fruits sont tous tombés, il ne reste que des feuilles qui entameront leur dernière phase en mi-October et disparaîtront totalement en fin novembre 1990.

8- *Balanites aegyptiaca*

C'est au cours de la pleine floraison que *B. aegyptiaca* entame sa feuillaison en mi-mars. De ce fait, un mois seulement plus tard, les premiers fruits font leur apparition, la floraison ayant débuté en fin janvier de la même année. Une deuxième floraison à laquelle se superpose très rapidement une nouvelle feuillaison est observée cette fois à l'entrée de la saison des pluies en fin mai : 2.5 mois et 4 mois après respectivement la première feuillaison et la première floraison. Pendant seulement une courte période de l'année (environ 1 mois), certains individus de *B. aegyptiaca* sont totalement nus.

Au cours de cette étude, nous avons eu l'opportunité d'observer des pieds de *B. aegyptiaca* qui ont subi une attaque acridienne en mi-avril 1990. Le résultat a été une perte totale de feuilles et fruits. 15 jours plus tard, les pieds ravagés ont entamé une nouvelle feuillaison. Le cycle qui se déroulait normalement a été de nouveau interrompu par une seconde attaque acridienne en début août. La réaction de l'espèce a été identique à la précédente. Une seconde feuillaison s'est installée et s'est poursuivie. La floraison, quand à elle, arrêtée par la première attaque n'est plus apparue et la production de fruits de ces pieds a été nulle.

Cette réaction intéressante de refeuillaison successive de l'espèce laisse penser qu'elle serait plus apte à l'exploitation et que l'on pourrait volontairement provoquer la production de matériel végétal plus jeune.

DISCUSSION

Le cycle phénologique des 8 espèces concernées par la présente étude démarre à la fin de la saison sèche chaude ou au début de la saison des pluies. Ce cycle part indifféremment d'une feuillaison ou du couplage de la feuillaison à la floraison ou à la fructification car chez les ligneux certaines espèces sont à floraison précoce (fin de la saison sèche) et d'autres à floraison tardive (saison des pluies). Ces cycles se déroulent pendant toute la période d'hivernage et s'achèvent à la fin de la saison sèche froide ou au début de la saison sèche chaude ; jusqu'en fin mars. Seules les vieilles feuilles de *B. aegyptiaca* n'ont pas fini de tomber quand la nouvelle feuillaison survient.

L'apparition des jeunes feuilles en saison sèche est un fait chez la plupart des ligneux. Elle surviendrait grâce à l'utilisation des ressources en eau des couches profondes du sol (Jeffers et Boaler, 1966 cités par Fournier, 1990).

La durée totale du cycle est variable d'une espèce à l'autre, entre 7 et 12 mois. Celle de chaque stade phénologique est aussi spécifique de l'espèce, ce qui conduit à une disponibilité des différents organes (feuilles, fleurs et fruits), pour les animaux, variable.

D'une année sur l'autre (1990 à 1991), il y a eu chez toutes les espèces un décalage dans le démarrage du cycle. La reprise de la végétation survient en 1991 entre 15 et 45 jours plus tôt qu'en 1990. Cette différence est sans doute attribuable au cycle pluviométrique plus précoce en 1991 avec au mois d'avril 37.8 mm de pluies contre seulement 1.2 mm en 1990.

Cette variabilité annuelle fait bien ressortir l'importance de la prise en compte du stade phénologique par rapport à une datation basée sur le calendrier usuel ou la répartition en saison.

En plus de la variabilité interspécifique il y a une variabilité intrapopulation qui est cependant moins marquée. Les individus d'une même espèce et dans un même milieu ont des phénologies quelque peu différentes, qui concernent aussi bien le démarrage des phases que leurs durées. Cette variabilité a été surtout marquée pour la durée des phases de défeuillaison et pour celle de la chute des fruits. Chez *A. machrostachya* par exemple, on a pu trouver une différence de 30 et 60 jours respectivement entre la date de perte totale de feuilles et fruits de 2 individus. On a l'impression que les pieds âgés ont la capacité de garder plus longtemps leurs gousses.

La variabilité individuelle peut être compensée par un nombre élevé d'individus lors de l'échantillonnage. Cependant, la variabilité intersite, quelquefois importante et notée chez *C. aculeatum* avec un intervalle de 50 jours entre la floraison de 2 sites dans le Sahel au Burkina Faso (Grouzis et Sicot 1980), n'est pas retrouvée chez les espèces communes aux flores de Nazinga (dans le Sud du Burkina Faso) et de Lamto (en Côte d'Ivoire) qui fleurissent et fructifient au même moment (Fournier 1990).

CONCLUSION

La variabilité des phénogrammes des espèces ligneuses fourragères fait tout l'intérêt de ces ligneux dans les parcours naturels. Grâce à cette variabilité il existe une disponibilité fourragère quasi-permanente. Ces seules 8 espèces assurent pratiquement toute l'année une certaine production. La période critique est en fait le mois d'avril au cours duquel il ne subsiste que quelques feuilles de *Z. mauritiana* et *B. aegyptiaca* et les fruits de quelques espèces. La multitude des espèces fourragères rendra certainement plus efficace cette répartition du disponible dans l'année.

La plupart des espèces terminent leurs cycles en Décembre ou Janvier et le reprenne avec la remontée de l'hygrométrie de l'air. Au cours de la saison sèche (Février à Mai), le pâturage herbacé est très réduit quantitativement et sa valeur nutritive des plus médiocre. La fin de cette période est aussi celle de la disponibilité plus réduite des ligneux.

Il conviendra alors, durant cette période critique, dans un pâturage donné, de déterminer la présence d'organes appréciés pour les espèces les plus représentatives, pour pouvoir apprécier la part des ligneux dans le système de pâture, les ligneux étant surtout recherchés lorsque le pâturage herbacé est déficient.

Dans la perspective de la production de réserves fourragères, la place que l'on peut accorder aux ligneux sera d'autant plus importante qu'ils pourraient être exploités en dehors de la saison des pluies, surtout entre septembre et janvier pour être utilisés de février à mai. Dans un tel cas, il n'est pas nécessaire d'avoir des observations systématiquement tous les 15 jours en pleine saison des pluies où les réserves sont difficilement réalisables, de même qu'à la fin de la saison sèche, dans la mesure où des réserves faites à cette époque risquent d'être sans intérêt.

Quoiqu'il en soit, la combinaison des phénophases des différentes espèces révèle une disponibilité en matériel végétal ligneux. Il est donc nécessaire de connaître la composition chimique, la valeur nutritive de ces fourrages, leurs évolutions, pour juger de leur importance réelle.

CHAPITRE VIII

COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX

De nombreuses études font état de la contribution importante des ligneux dans l'alimentation des ruminants, surtout en saison sèche et dans les systèmes où les animaux pâturent (Wilson, 1969; De Ridder et Breman, 1991; Le Houérou, 1980a.). Les données relatives au comportement alimentaire des animaux au pâturage révèlent en effet un temps non négligeable consacré aux fourrages ligneux, temps qui augmente avec la saison et l'aridité climatique. Selon Miranda (1989), en zone semi-aride, le temps consacré aux jeunes pousses d'arbustes, par les ruminants en saison sèche, représenterait jusqu'à 87% de leur temps de pâture.

De vastes programmes de reboisement sont menés à travers le pays et on peut déplorer qu'ils ne prennent souvent pas en compte l'importance des ligneux comme ressource alimentaire pour le bétail, par manque, entre autres, d'informations sur leurs valeurs nutritives.

On sait que des paramètres tels que l'ingestibilité et la digestibilité qui sont d'importants facteurs de détermination de la valeur nutritive sont reliés aux teneurs en parois et à la composition de ces parois dans les plantes. Aussi, les besoins des animaux ne sont couverts que par l'apport d'aliments contenant un minimum de MAT et d'éléments essentiels (cf revue bibliographique : Chapitre I).

La connaissance de la composition chimique des ligneux est donc la première étape de détermination de leur valeur nutritive.

De plus en plus d'études sont, fort heureusement, menées sur les ligneux fourragers des différentes régions du monde. L'une des conclusions à laquelle ont abouti les différents auteurs est la difficulté relative de la prédiction de leur valeur nutritive à partir

Tableau VIII-1 : Nature et nombre d'échantillons des ligneux analysés.

Groupe	Espèces	feuilles (n)	Gousses ou fruits (n)
Légumineuses	<i>Acacia machrostachya</i>	19	5
	<i>Acacia seyal</i>	18	1
Autres ligneux	<i>Balanites aegyptiaca</i>	28	
	<i>Combretum aculeatum</i>	16	3
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	25	
	Total	106	9

Tableau VIII-2 : Teneurs moyennes, variations et augmentations journalières en matières sèches (MS en p.100) des ligneux au cours des 2 années 1990 et 1991.

Espèces	Teneurs (p.100)	Augmentation point / j
<i>Balanites aegyptiaca</i>	40,6 (29,7 - 64,7)	0,06
<i>Sclerocaria birrea</i>	36,4 (20,4 - 49,1)	0,13
<i>Acacia machrostachya</i>	45,6 (27,7 - 66,7)	0,10
<i>Combretum aculeatum</i>	40,8 (26,6 - 58,8)	0,18
<i>Securinea virosa</i>	40,6 (26,6 - 55,2)	0,14
<i>Dichrostachys glomerata</i>	46,4 (30,7 - 55,4)	0,11
<i>Ziziphus mauritiana</i>	47,8 (33,2 - 66,1)	0,16
<i>Acacia seyal</i>	46,8 (37,9 - 57,3)	0,04

de la composition chimique et de la digestibilité. Il faut souligner que les ligneux ont généralement été considérés comme un groupe homogène, avec tout au plus une différenciation entre arbre et arbuste, ou entre le groupe des légumineuses et les autres.

Dans ces cas, les lois générales existant chez les herbacées sont souvent loin d'être retrouvées et tout porte alors à croire qu'une autre classification devrait intervenir pour les ligneux, ce qui nécessite alors que les espèces soient, dans un premier temps, examinées de façon individuelle.

A l'étude phénologique des espèces, nous avons couplé une récolte d'échantillons en vue de la détermination de la composition chimique.

Ainsi, la teneur en matière sèche de toutes les espèces a été déterminée sur 2 cycles complets de végétation (2 ans); les teneurs des autres constituants chimiques ont été déterminées, sur des échantillons séchés à l'ombre, sur au moins 1 cycle complet, à une fréquence régulière de 15 jours, mais n'a concerné que 5 espèces, sur les 8 prises en compte par le suivi phénologique, qui sont : *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Combretum aculeatum*, *Acacia seyal*, et *Acacia macrostachya*.

Le tableau VIII-1 donne, pour chaque espèce, le nombre et le type d'échantillons analysés en plus de la MS.

La nature des espèces, la fréquence et la durée du suivi adopté permettent ainsi de:

- analyser les variations liées à l'espèce et pour une espèce donnée celles liées au temps, qui peuvent être perçues comme l'effet du stade phénologique, de la saison ou de l'âge.
- détecter l'effet éventuel de l'année sur la composition chimique
- comparer les ligneux du groupe des légumineuses aux autres; de même que les différents organes (feuilles et fruits) pour 3 des espèces.

Tableau VIII-3 : Teneurs moyennes et extrêmes (g/kg MS) en constituants chimiques des fourrages ligneux.

	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>	<i>C. aculeatum</i>	<i>A. macrostachya</i>	<i>A. seyal</i>
Cendres	155 (99 - 192)	84 (69 - 119)	77 (60 - 97)	46 (41 - 51)	90 (67 - 127)
MAT	178 (223 - 94) c	130 (191 - 85) a	161 (239 - 129) b	149 (209 - 99) ab	132 (172 - 108) a
NDF	315 (252 - 394) b	330 (279 - 400) b	335 (242 - 376) b	476 (418 - 568) c	233 (207 - 267) a
ADF	203 (155 - 238) b	201 (163 - 235) b	225 (155 - 258) b	314 (188 - 382) c	129 (109 - 152) a
ADL	94 (67 - 110) c	66 (45 - 80) b	19 (30 - 47) a	137 (62 - 208) d	37 (24 - 47) a
CB	180 (132 - 213) c	163 (134 - 193) b	220 (155 - 239) cd	200 (175 - 262) d	127 (106 - 139) a
Hémicellulose	112 (81 - 176) abc	130 (92 - 180) bc	110 (87 - 165) ab	162 (79 - 280) c	104 (76 - 126) a
Cellulose	109 (61 - 133) b	135 (97 - 180) c	155 (125 - 212) d	177 (127 - 217) d	92 (79 - 112) a
MAADF (p.100 MAT)	8,7 (5,8 - 11,5)	13,9 (8,3 - 20,5)	4,0 (3,9 - 5,3)	26,1 (11,9 - 57,9)	7,1 (6,1 - 9,0)

Les différences significatives ($p < 0,05$) de teneurs entre espèces en un constituant chimique sont notées par des lettres différentes.

Tableau VIII-4 : Teneurs moyennes et extrêmes (g/kg MS) en éléments minéraux des fourrages ligneux.

	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>	<i>C. aculeatum</i>	<i>A. macrostachya</i>	<i>A. seyal</i>
P	3,1 (1,4 - 4,4)	3,4 (2,0 - 6,4)	5,8 (3,9 - 12,6)	4,2 (3,1 - 7,1)	3,4 (2,5 - 4,9)
K	22,8 (14,2 - 35,7)	14,7 (11,3 - 17,6)	14,7 (12,3 - 18,8)	12,5 (5,5 - 18,2)	7,7 (5,9 - 9,2)
Ca	53,7 (30,9 - 82,6)	34,6 (24,2 - 56,7)	22,0 (16,6 - 27,0)	13,6 (6,2 - 21,0)	36,7 (32,1 - 50,4)
Mg	9,4 (7,9 - 10,7)	4,4 (3,4 - 5,3)	3,3 (2,4 - 4,5)	3,3 (2,5 - 3,8)	3,9 (3,1 - 4,6)
Na	1,3 (0,6 - 2,0)	0,6 (0,47 - 0,63)	0,6 (0,5 - 0,7)		
Ca/P	17,3	10,2	3,8	3,2	10,8

I- COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX

1- Teneurs en matière sèche

Toutes années et espèces confondues, la teneur en MS des ligneux a varié de 20.4 à 66.7 p.100. *Sclerocarya birrea* a les plus faibles teneurs et *A. macrostachya* les plus fortes (tableau VIII-2).

Quelle que soit l'espèce, la teneur en MS augmente irrégulièrement dans le temps à partir du début de la feuillaison. L'augmentation journalière sur le cycle est cependant faible comparée aux herbacées et selon l'espèce se situe entre 0.04 et 0.18 point/jour.

2- Les matières minérales

2.1- Teneurs en cendres

Les teneurs en cendres de tous les échantillons de ligneux ont varié de 41 à 192 g/kg MS.

A partir des teneurs moyennes (tableau VIII-3), les différentes espèces peuvent être classées en 3 catégories :

- les espèces à teneurs élevées en cendres; c'est le cas de *B. aegyptiaca* (155 g/kg MS).
- les espèces à teneurs moyennes en cendres (entre 77 et 90 g/kg MS) avec *Z. mauritiana*, *C. aculeatum* et *A. seyal*.
- les espèces à teneurs faibles (46 g/kg MS); dont la cas de *A. macrostachya*. De plus pour cette espèce, les teneurs sont relativement stables dans le temps, alors qu'une légère diminution est constatée chez *C. aculeatum* et qu'à l'inverse la tendance est à une augmentation des teneurs chez les autres espèces.

2.2- Teneurs en quelques éléments minéraux

Les teneurs moyennes des éléments minéraux dosés sont données au tableau VIII-4.

Tous les ligneux étudiés se caractérisent par des teneurs élevées en calcium (13.6 à 53.8 g/kg MS), beaucoup plus importantes que celles en phosphore (3.1 à 5.8 g/kg MS). La combinaison des deux, conduit à un rapport Ca/P très défavorable, supérieur à 10:1

chez 3 des espèces et beaucoup moins défavorable 3:1 et 4:1 respectivement chez *A. macrostachya* et *C. aculeatum*.

Des teneurs moyennes en potassium et en magnésium élevées caractérisent par ailleurs ces 5 espèces. Elles ont variées respectivement de 7.7 à 22.8 et de 3.3 à 9.4 g/kg MS.

Les teneurs en sodium sont, quand à elles, très faibles et n'ont jamais dépassé 2 g/kg MS dans aucun des échantillons analysés.

Quel que soit l'élément dosé, peu de variations sont enregistrées au cours du cycle chez *A. seyal*.

3- Les matières azotées totales

L'intérêt de l'utilisation des ligneux comme source alimentaire pour le bétail réside essentiellement dans l'appoint azoté qu'ils peuvent constituer, surtout lors de leur ingestion en complément aux herbacées. Ce rôle de source azotée est confirmé pour les espèces étudiées. Les teneurs moyennes en MAT varient selon l'espèce de 130 à 178 g/kg MS (tableau VIII-3). Les teneurs des jeunes feuilles sont supérieures à celles des plus âgées, les différences étant souvent très significatives. Ces teneurs sont très élevées dans les jeunes feuilles de certaines espèces comme *B. aegyptiaca* (223 g/kg MS) ou *C. aculeatum* (239 g/kg MS), alors qu'elles n'ont pas dépassé 172 g/kg MS dans celles de *A. Seyal*.

La teneur en MAT la plus faible, 85 g/kg MS, enregistrée en pleine saison sèche (mi- février) chez *Z. mauritiana* tout juste avant la chute des feuilles, est encore supérieure aux teneurs moyennes des graminées étudiées et même à celle des jeunes plantes d'une espèce telle que *Andropogon pseudapricus*.

Cependant, les matières azotées contenues dans l'ADF (MAADF), qui sont souvent considérées comme complètement indigestibles, représentent, selon l'espèce, des proportions très élevées et variables des MAT. Elles sont en moyenne de 8.7, 13.9, 4.6, 26.13, et 7.1 p.100 MAT respectivement chez *B. aegyptiaca*, *Z. mauritiana*, *C. aculeatum*, *A. macrostachya* et *A. seyal*. Elles sont, pour une espèce donnée, variables dans le temps et sont significativement corrélées chez *Z. mauritiana* aux teneurs en ADL

Tableau VIII-5 : Composition chimique (g/kg MO) des ligneux en fonction du stade phénologique.

Espèces	Stade	Cendres	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Hémicelluloses	Cellulose
<i>B. aegyptiaca</i>	Fe	162,5	217,8	370,9	246,2	116,9	203,2	124,7	129,3
	Fe + Fr	135,1	229,4	391,6	245,3	108,2	224,9	146,2	137,2
	Fe3	167,6	179,1	350,2	232,9	123,7	208,8	117,4	109,2
			**				*		*
<i>Z. mauritiana</i>	Fe	74	165,3	386,7	232,9	70,7	186,9	153,8	162,2
	Fl + Fr	90	126,1	352,7	215,2	76,1	170,1	137,5	139,1
	Fe3	93,8	110,5	324,7	191,4	78,6	162,5	133,4	112,8
			***	*	***		*		***
<i>C. aculeatum</i>	Fe + Fl	85,8	228,6	345,7	235,3	42,7	212,9	110,4	192,6
	Fe + Fr	70,5	160,9	366,2	247,1	42,1	235,2	119,0	205,0

<i>A. machrostachya</i>	Fe	50	193,3	474,8	300,8	103,8	221,0	174,0	197,1
	Fl	45,1	161,8	499,3	377,7	163,0	233,5	121,6	214,7
	Fr	44,3	127,1	514,8	362,1	174,4	247,5	152,7	187,7
			***		*	**			
<i>A. seyal</i>	Fe	92,4	141,3	255,6	143,1	41,9	142,9	112,5	101,3
	Fl	120,9	137,6	254,6	136,4	44,5	147,1	118,2	91,9

Fe = Stade début à pleine feuillaison; Fl = Stade floraison; Fr = Stade feuillaison; Fe3 = Stade fin feuillaison.

* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

($r = 0.95$) et chez *A. macrostachya* à celles en MAT et ADL ($r = 0.92$ et 0.71 respectivement).

L'utilisation très partielle de ces composés risque de réduire considérablement la valeur nutritive potentielle de ces fourrages.

4- Teneurs en constituants des parois

Comparés aux fourrages herbacées précédemment étudiés, les ligneux ont une faible teneur en parois totales (NDF) de même qu'en lignocellulose (ADF) (tableau VIII-3). Les teneurs moyennes en NDF par espèce se situent entre 233 et 476 g/kg MS. Les feuilles de *A. macrostachya* contiennent les plus fortes teneurs qui sont doubles des plus faibles, enregistrées chez *A. Seyal*.

Les teneurs en lignine, elles aussi très variables selon l'espèce, sont par contre élevées et varient en moyenne de 37 à 137 g/kg MS, les teneurs des vieilles feuilles de *A. macrostachya* atteignant même des valeurs supérieures à 200 g/kg MS. Il s'en suit un degré de lignification des parois (ADL/NDF) très important, entre 12 et 30 p.100 en moyenne et, qui peut même aller jusqu'à 40 p.100 chez les vieilles feuilles de *A. macrostachya*. Il est plus élevé que chez les herbacées, graminées et même légumineuses étudiées.

Les teneurs moyennes en cellulose (92 à 185 g/kg MS) et hémicelluloses (104 à 162 g/kg MS) sont aussi relativement plus faibles qu'avec les herbacées.

Les teneurs en CB de Weende vont de 106 à 262 g/kg MS. A l'exception de *A. macrostachya* et *Z. mauritiana*, elles sont très proches de celles en ADF, tout en leur restant légèrement inférieures.

II- FACTEURS DE VARIATIONS DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

1- Variations dans le temps

1.1- Le stade phénologique

Les teneurs moyennes en constituants chimiques des différentes espèces, selon le stade phénologique, sont données au tableau VIII-5. On constate que :

Tableau VIII-6 : Composition chimique (teneurs en g/kg MO) des ligneux en fonction de la saison.
 SP : saison des pluies; SSF : saison sèche froide; SSC : saison sèche chaude.

Espèces	Saison	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Hémicelluloses	Cellulose
<i>B. aegyptiaca</i>	SP	233,0	387,5	250,2	109,3	218,4	137,2	140,9
	SSF	185,9	351,1	232,0	121,9	206,9	119,1	110,1
	SSC	204,3 ***	366,6 *	231,0	106,1	218,5	135,6	124,9 *
<i>Z. mauritiana</i>	SP	153,9	390,5	230,0	74,2	184,1	160,5	155,8
	SSF	122,2	328,4	205,8	75,1	165,4	122,7	130,7
	SSC	145,4	318,4 ***	183,9 *	62,7	160,4	134,4	121,2 **
<i>C. aculeatum</i>	SP	183,4	357,9	242,9	42,5	226,4	115,0	200,4
	SSF	150,1 *	376,7	250,6	41,1	245,7	126,1	209,5
<i>A. machrostachya</i>	SP	160,1	513,2	360,4	159,2	232,8	152,9	201,1
	SSF	112,0 **	477,5	332,6	154,5	257,4	144,9 *	178,1 *
<i>A. seyal</i>	SP	139,9	249,1	143,9	39,9	141,9	105,2	104,0
	SSF	141,3	269,6	144,6	45,4 *	144,6	125,0 *	99,2

Les différences significatives sont notées * : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001

- l'importance des variations des teneurs dépend de l'espèce végétale et est plus marquée chez *Z. mauritiana*.

- les différences de teneurs suivant les stades phénologiques ne sont significatives, selon l'espèce, que pour certains éléments. La plus forte variation se rencontre pour les MAT, constituant chimique pour lequel l'effet du stade phénologique est marqué pour toutes les espèces, à l'exception de *A. seyal*. Pour cette dernière espèce, une nouvelle feuillaison est survenue tout juste à la fin de la floraison. Si l'on fait abstraction de cette donnée, les teneurs moyennes en MAT au stade floraison ne sont plus que de 123.6 g/kg MS et sont dans ce cas significativement plus faibles que les teneurs au stade feuillaison (Fe).

L'apparition d'une nouvelle feuillaison intervenue au cours de la phase Fl-Fr de *B. aegyptiaca* explique aussi les teneurs élevées de cette espèce à ce stade.

Il existe donc un effet du stade phénologique pour les MAT; l'effet du stade sur les autres composants est par contre très variable selon l'espèce.

1.2- La saison

L'année a été subdivisée en 2 saisons : la saison des pluies (SP : mi-mai à mi-octobre) et la saison sèche (SS) à l'intérieur de laquelle, la distinction est faite entre la saison sèche froide (SSF : mi-octobre à fin janvier) et la saison sèche chaude (SSC : février à mi-mai).

L'expression des teneurs en fonction des saisons par rapport à celle en fonction des stades phénologiques permet de mettre en évidence des différences de teneurs en NDF chez *B. aegyptiaca*. Elle masque par contre les variations des teneurs en MAT précédemment notées chez *Z. mauritiana* et celles en ADF et ADL chez *A. macrostachya* (tableau VIII-6).

L'effet de la saison est beaucoup plus marqué sur les teneurs en MS, surtout entre la SP et la SSF, comme le montre l'exemple de la figure VIII-1 dans le cas de *B. aegyptiaca*.

De même, pour le Ca et le P, les variations entre SP et SSF sont importantes, notamment dans le cas de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* et seulement pour le P dans le cas de *C. aculeatum* et *A. macrostachya*.

Figure VIII-1 : Evolution en fonction des saisons de la teneur en matière sèche (MS %) de *Balanites aegyptiaca*.

SP : saison des pluies; SSF : saison sèche froide; SSC : saison sèche chaude.

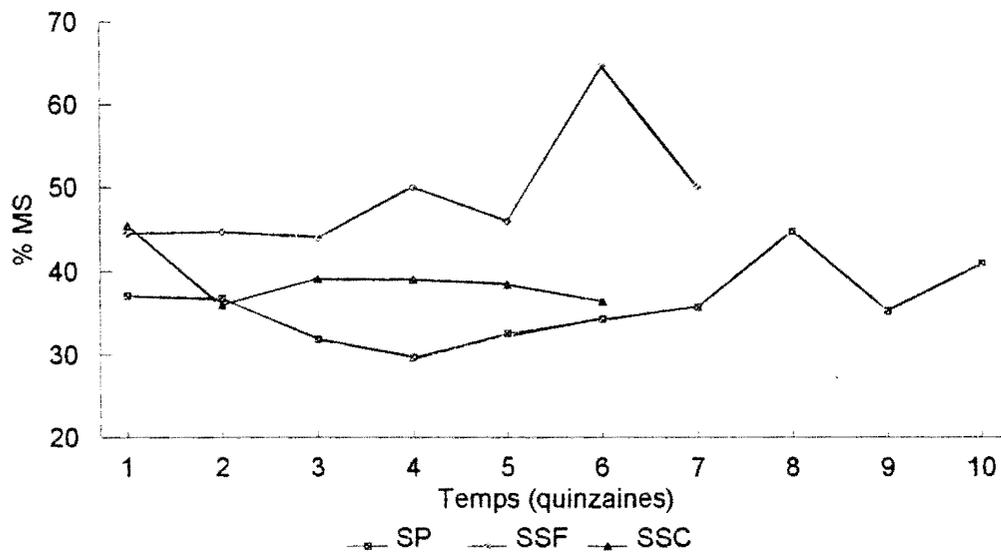


Figure VIII-2 : Evolution en fonction du temps de la teneur en MATo (g/kg MO) des ligneux.

Ba : *B. aegyptiaca*; Ca : *C. aculeatum*; Am : *A. machrostachya*; As : *A. seyal*; Zm : *Z. mauritiana*

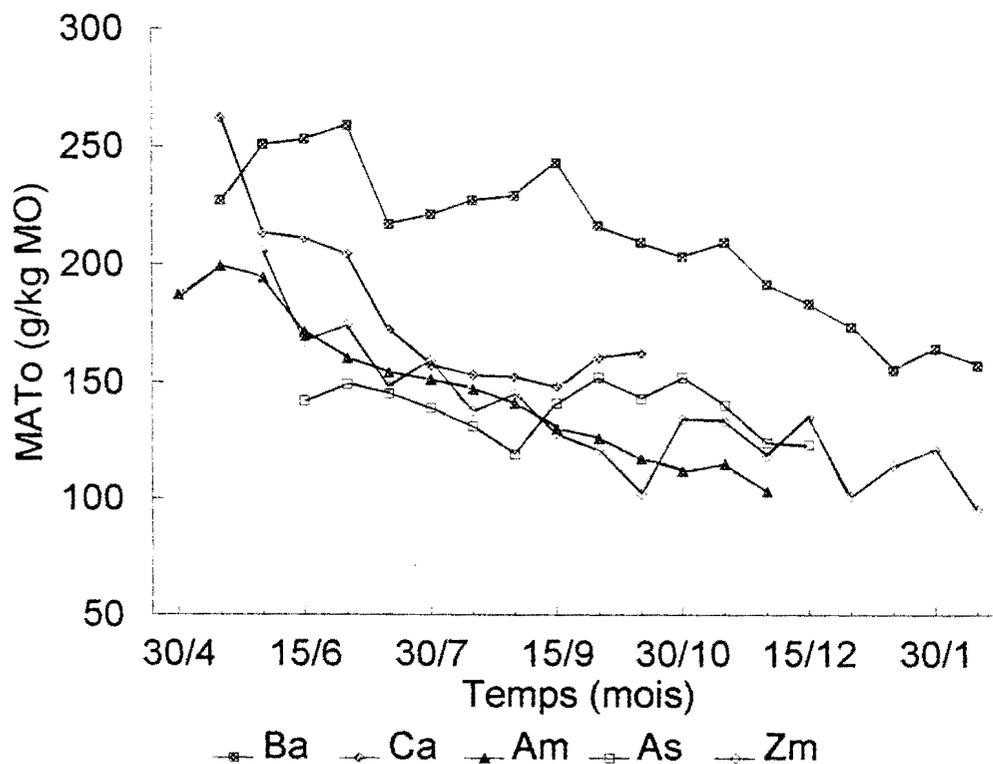


Tableau VIII-7 : Relations entre les teneurs en constituants chimiques (Y eng/kg MS) et l'âge (X) des feuilles (jours après la première feuillaison).

Espèces	n	Constituants	Equations	ETR	r
<i>B. aegyptiaca</i>	12	MAT	Y = 196,22 - 0,042 X	6,9	0,95
		NDF	311,50 - 0,016 X	16,3	0,48
		Cellulose	109,70 - 0,013 X	17,4	0,40
<i>Z. mauritiana</i>	18	MAT	173,8 - 0,029 X	14,0	0,87
		NDF	407,0 - 0,037 X	24,0	0,79
		ADF	242,6 - 0,020 X	13,0	0,79
		Hémicelluloses	164,4 - 0,017 X	27	0,49
		Cellulose	170,9 - 0,022 X	11,5	0,85
CB	189,6 - 0,012 X	11,5	0,65		
<i>C. aculeatum</i>	12	MAT	226,4 - 0,059 X	19,4	0,87
		Hémicelluloses	107,6 + 0,011 X	14,2	0,41
<i>A. machrostachya</i>	15	MAT	194,2 - 0,045 X	6,6	0,98
		ADL	133,3 + 0,024 X	36	0,41
		Cellulose	210,8 - 0,015 X	17,2	0,52
		CB	219,4 + 0,019 X	15,9	0,64
<i>A. seyal</i>	13	NDF	244,7 + 0,012 X	18,5	0,36
		ADL	36,7 + 0,006 X	0,39	0,69
		Cellulose	106,5 - 0,007 X	0,58	0,61

Tableau VIII-8 : Composition chimique (teneurs en g/kg MO) du stade phénologique de la feuillaison en fonction de l'année.

Espèces	Année	n	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Hémicelluloses	Cellulose
<i>B. aegyptiaca</i>	1990	9	223,8	387,3	247,3	107,5	221,3	140,0	139,8
	1991	10	191,1 ***	358,8 ***	238,2	120,9 **	207,1	120,5	117,3 *
<i>Z. mauritiana</i>	1990	6	165,3	165,3	232,9	70,7	173	153,8	162,2
	1991	4	162,5	162,5	220,8	57,2 *	172	147,0	163,6
<i>A. machrostachya</i>	1990	6	193,3	193,3	300,8	103,8		174,0	197,1
	1991	4	191,8	191,8	238,1 **	88,9		242,0	149,2 ***

Les différences significatives sont notées : * p<0.05; ** p<0.01; ***p<0.001.

Tableau VIII-9 : Comparaison des teneurs moyennes (g/kg MO) des constituants chimiques, sur un cycle de végétation, des ligneux en fonction de la famille : légumineuses et autres.

Famille	n	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Hémicelluloses	Cellulose
Légumineuses	29	144,0 (103,2-199,2)	385,0 (224,0 - 595,0)	252,2 (125,4-438,8)	102,1 (37,0 - 217,9)	192,9 (135,2-282,6)	132,8 (83,9 - 193,8)	150,1 (83,9 - 227,5)
Autres	60	178,9 (95,4 - 262,3) ***	366,7 (265,8 - 447,4)	234,4 (170 - 281,9)	85,6 (32,8 - 131,0)	203,6 (152,4-261,0)	132,3 (91,8 - 200,4)	148,8 (73,6 - 231)

*** p<0.001

1.3- L'âge

L'évolution en fonction du temps des teneurs en MAT est schématisée à la figure VIII-2. Elle explique tout simplement les évolutions notées pour ces teneurs en fonction du stade phénologique et de la saison. Pour les autres constituants l'évolution est plus ou moins nette, et plus ou moins régulière.

L'évolution des teneurs dans le temps exprimées en fonction du nombre de jours à partir de la première feuillaison, indique que c'est avec les teneurs en MAT que la relation est la plus significative (r de 0.87 à 0.95) pour toutes les espèces sauf *A. seyal* pour laquelle la lignine est le constituant qui varie le plus avec l'âge (tableau VIII-7). Il est par ailleurs intéressant de noter que les teneurs en différents constituants pariétaux peuvent diminuer ou augmenter avec l'âge suivant le type de constituant et suivant l'espèce de ligneux.

2- Variations avec l'année

Pour 3 des espèces étudiées : *B. aegyptiaca*, *Z. mauritiana* et *A. macrostachya*, une comparaison des teneurs au stade feuillaison est faite entre les années 1990 et 1991 (tableau VIII-8).

Il en ressort que, d'une façon générale, la composition chimique a peu varié d'une année à l'autre et que les teneurs en ADL sont celles qui sont les plus susceptibles aux variations annuelles.

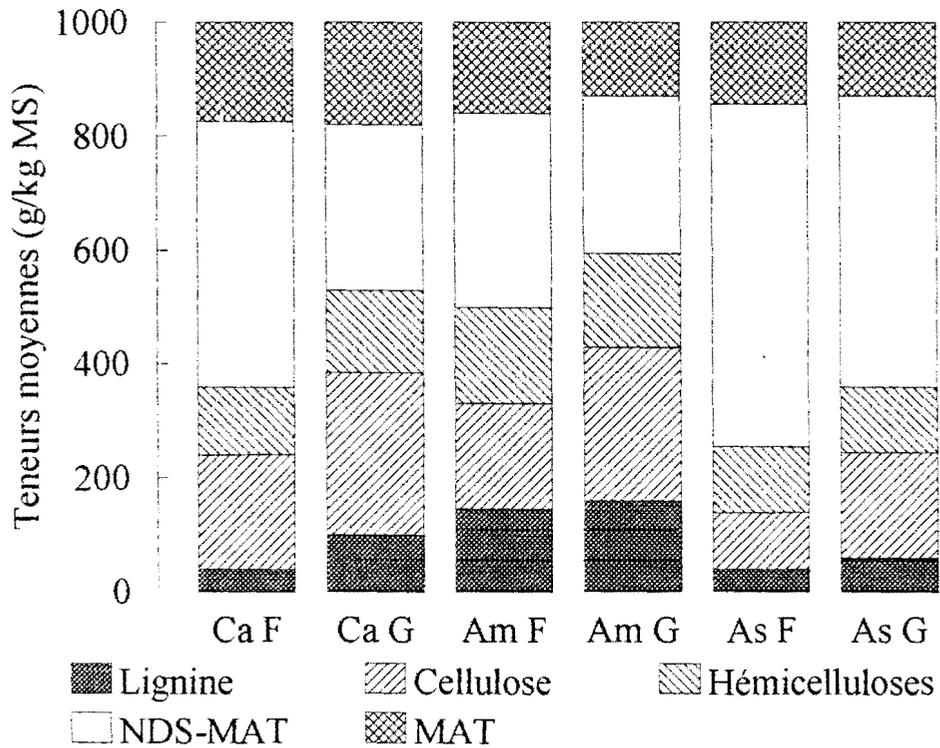
De ce fait, la variation de la composition chimique d'une espèce, d'une année à l'autre serait plutôt due à l'effet de l'année sur le stade phénologique de cette espèce, et indique toute l'importance de la caractérisation du stade phénologique d'un échantillon donné.

3- **Le groupe : légumineuses ou autres**

De l'examen des valeurs du tableau VIII-9 obtenues à partir des teneurs moyennes en constituants chimiques des espèces regroupées en classe de légumineuses et autres, il ressort une teneur en parois (comme observée avec les herbacées) plus élevée pour les

Figure VIII-3 : Comparaison des teneurs moyennes en constituants chimiques (g/kg MS) des feuilles (F) et fruits (G) des ligneux.

Ca : *C. aculeatum*; Am : *A. machrostachya*; As : *A. seyal*.



légumineuses, la différence observée n'étant cependant pas significative. Les légumineuses, contrairement à toute attente, ont une teneur en MAT significativement ($p < 0.001$) plus faible. Il en est de même pour leurs teneurs en cendres.

Lorsque l'on s'intéresse aux espèces individuellement, il apparaît entre les deux légumineuses des différences très importantes notamment dans les teneurs en constituants chimiques de la paroi (NDF, ADF et ADL). Les teneurs les plus faibles de toutes les espèces sont obtenues chez *A. seyal*, alors qu'à l'inverse les plus fortes sont enregistrées chez *A. macrostachya* (tableau VIII-3).

De telles différences entre les 2 espèces de légumineuses étudiées montrent qu'il faut être prudent avant de généraliser les résultats obtenus sur une espèce de ligneux à la famille de cette espèce.

4- L'organe

Les fruits de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* bien que consommés par les animaux n'ont pas été analysés.

Pour les 3 autres espèces, la composition chimique des feuilles (moyenne de toutes les teneurs) est comparée à celle des fruits de *C. aculeatum* et aux gousses de *A. macrostachya* et *A. seyal* (figure VIII-3).

On remarque que les gousses des 2 légumineuses, contrairement au fruit de *C. aculeatum*, ont une teneur en MAT inférieure à celle des feuilles, tandis que c'est l'inverse qui est observé pour les cendres.

Les teneurs en parois totales (NDF) ou celles des éléments qui les composent sont nettement plus faibles dans les feuilles.

5- L'espèce végétale

Qu'il s'agisse des feuilles (tableau VIII-3) ou des fruits (figure VIII-3) comme nous venons de le voir au cours des différentes comparaisons, l'espèce végétale est le principal facteur de variation de la composition chimique des ligneux. Des différences énormes peuvent quelquefois exister entre les espèces, ici indépendamment du groupe

(légumineuses ou autres), ou de l'organe. Ainsi, les teneurs en MAT, ADL et CB ont été les éléments les plus distinctifs de nos espèces.

III- RELATIONS ENTRE LES TENEURS DES DIFFERENTS CONSTITUANTS CHIMIQUES

Bien que les teneurs en MAT et celles en NDF des fourrages ligneux aient évolué en sens inverse, aucune relation significative ne les lie lorsqu'on ne distingue pas les espèces.

Par espèce végétale, une relation plus ou moins significative peut être établie entre les teneurs en MAT et celles des constituants chimiques des parois (tableau annexe VIII-1).

Les différents éléments des parois déterminées selon Van-Soest sont par contre assez bien corrélés entre eux, notamment le NDF et ses éléments constitutifs, même en dehors de toute distinction d'espèces.

Ainsi, nous avons pour les échantillons de feuilles analysés les relations suivantes à partir des teneurs exprimées en g/kg MO :

$$\begin{aligned}
 \text{NDF}_0 &= 112.89 + 11.004 \text{ ADF}_0 \pm 35 & r = 0.90 & n = 106 \\
 &= 254.63 + 13.675 \text{ ADL}_0 \pm 53 & & = 0.75 & n = 106 \\
 &= 187.27 + 13.478 (\text{NDF}_0 - \text{ADF}_0) \pm 64 & & = 0.59 & n = 106 \\
 &= 173.30 + 13.237 (\text{ADF}_0 - \text{ADL}_0) \pm 60 & & = 0.66 & n = 106
 \end{aligned}$$

De même il existe des relations entre les critères pariétaux déterminés selon les 2 méthodes chimiques employées. La relation la plus étroite est celle entre CB et ADF, qui est cependant moins bonne que celle établie précédemment avec les herbacées.

$$\text{ADF} = -35.200 + 1.376 \text{ CB} \pm 42 \quad r = 0.78 \quad n = 90$$

$$\text{NDF} = 51.393 + 1.605 \text{ CB} \pm 51 \quad r = 0.77 \quad n = 90$$

DISCUSSION

Teneurs en constituants chimiques

Les 5 ligneux retenus dans le cadre de cette étude ont bien pour principale caractéristique une teneur en MAT élevée avec des valeurs moyennes par espèce sur le cycle au moins égales à 130 g/kg MS.

Si l'on se réfère aux normes établies (Milford et Minson, 1965a) pour une activité cellulolytique adéquate de la microflore du rumen, on peut conclure que toutes ces espèces, quel que soit leur stade phénologique, seraient susceptibles d'être utilisées comme seul aliment de la ration, et devraient permettre la couverture des besoins d'entretien des animaux (cela suppose bien évidemment une ingestion de MS adéquate).

Cependant, la fraction azotée liée aux parois (MAADF) représente une proportion élevée et très variable, qui influencerait négativement la digestibilité des MAT (Koné et al., 1989).

Au regard des teneurs en cette fraction, des espèces comme *Z. mauritiana* et surtout *A. macrostachya* et dans une moindre mesure les autres, pourraient avoir leur valeur nutritive sérieusement affectée. Cela sera étudié dans le chapitre suivant portant sur la digestibilité des ligneux.

Les teneurs en parois NDF et ADF (sauf chez *A. macrostachya*) sont faibles, avec toutefois une lignification importante, qui caractérise par ailleurs la plupart des ligneux (Craig et al., 1991; Koné, 1987).

Quelle que soit la période de leur cycle, toutes ces espèces contiennent des teneurs en calcium nettement au dessus des besoins requis. Il n'y a par contre qu'avec les jeunes feuilles que des teneurs adéquates en phosphore sont trouvées. Le rapport Ca/P très défavorable qui s'en suit à cause des teneurs faibles en phosphore des ligneux (McLeod, 1973; Everit et Gaussman, 1986; Craig et al., 1991; Topps, 1992) en limiterait l'utilisation et cet élément a parfois été mis en cause dans les performances peu importantes réalisées par les bovins tropicaux (Diagayete et Schenkel, 1986).

Contrairement aux teneurs en sodium toujours déficientes, celles en potassium sont excédentaires à tous les stades. Par ailleurs, lors de l'affouragement des animaux par des ligneux, l'apport suffisant en magnésium ne devrait pas être une préoccupation, quel que soit le stade d'exploitation.

Facteurs de variation de la composition chimique

*** L'espèce, le groupe ou l'organe**

Il ressort de cette analyse sur la composition des ligneux et des données de la littérature (Newman, 1969; Bayer, 1987; Craig et al., 1991; Lambert et al., 1989(a); Fall, 1993) que l'espèce végétale est le facteur de variation le plus important compte tenu des grandes différences de compositions chimiques d'une espèce à l'autre.

Pour nos espèces, les teneurs en parois totales, ou celles de leurs éléments constitutifs chez *A. macrostachya*, s'écartent de beaucoup des autres ligneux étudiés. Les différences sont encore plus manifestes avec *A. seyal*, l'autre légumineuse, de sorte que le groupe (légumineuses ou autres) n'a pu être retenu comme facteur discriminant. La différence entre les teneurs de la fraction soluble (NDS) des deux légumineuses est alors importante et en moyenne égale à 243 g.

Ce sont encore les teneurs en parois (surtout ADL) qui différencient au mieux les organes feuilles ou fruits d'une espèce. Les fruits en contiennent beaucoup plus à cause de leurs enveloppes très lignifiées. Cependant, en dépit de ces plus fortes teneurs en parois et de celles en MAT plus faibles comparées aux feuilles, les premiers sont généralement plus appréciés et recherchés par les animaux qui pâturent.

*** L'âge, le stade phénologique ou la saison**

L'un des facteurs le plus sujet à controverse de variation de la composition chimique des ligneux est l'effet de la maturité du fourrage.

On constate, qu'à partir des modes d'expressions adoptés, et qui expriment l'évolution soit globale (âge) ou sur des périodes définies (stades phénologiques ou saison), les effets du vieillissement du fourrage peuvent être plus ou moins marqués pour une espèce, ou un constituant chimique donné.

C'est sur l'évolution des teneurs en MAT des ligneux que s'accordent le plus les différents auteurs (Forwood et Owensby, 1985; Thalen, 1987; Lambert et al., 1989(4); Rodriguez et Borges, 1989; Borens et Poppi, 1990; Colomer et Passera, 1990; Barnes et al., 1991). Ces teneurs, chez toutes les espèces (sauf *A. seyal*), diminuent significativement (r de 0.87 à 0.98 $p < 0.01$) avec l'âge des feuilles à partir du début de la feuillaison. Une telle régularité dans l'évolution des teneurs explique que, pour ces espèces, le stade phénologique et la saison soient retrouvés comme facteurs de variation de la composition chimique (MAT).

Les teneurs en NDF évoluent en sens inverse de celles en MAT. Ces évolutions ne sont cependant pas toujours nettes et, lorsqu'elles existent, sont à l'exception de *Z. mauritiana* ($r = 0.79$ $p < 0.01$) faiblement reliées à l'âge. *Z. mauritiana* est par ailleurs l'espèce chez laquelle les variations dues au temps sont pour tous les constituants chimiques (sauf ADL) les plus significatives, de sorte qu'elles sont décelées quand on se réfère au stade ou à la saison, contrairement aux autres espèces.

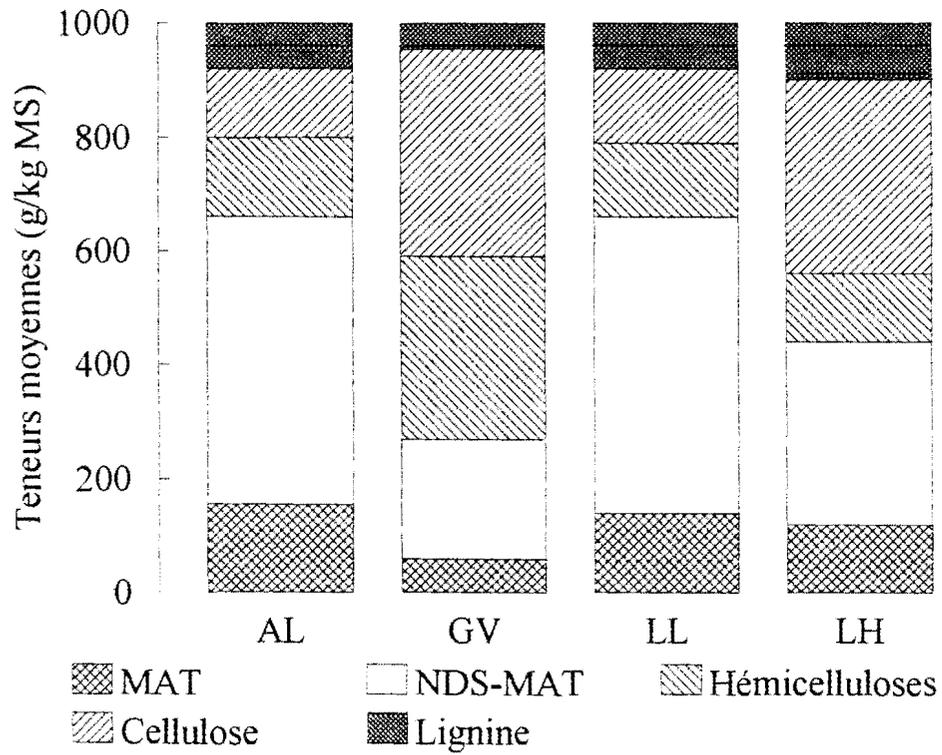
Il n'y a qu'avec les légumineuses que l'on puisse parler de variations significatives dans le temps des teneurs en ADL.

Des données compilées dans la revue bibliographique (cf chapitre I), nous avons conclu à une grande variabilité des résultats quant aux facteurs de variations de la composition chimique, permettant alors difficilement de dégager des conclusions valables.

Pour nos espèces prises sur un cycle complet de végétation, on peut en définitive retenir que les teneurs en MAT et cellulose (ADF-ADL) sont les plus significatives pour décrire globalement la variation dans le temps (âge, stade phénologique et saison) de la composition chimique d'un ligneux, bien que la maturité des feuilles se traduise aussi, selon l'espèce, par une variation plus ou moins intense des autres constituants chimiques.

Le site d'étude serait aussi dans certaines situations (lieu et espèces) une source de variation (Arbelot, 1993). S'il s'avérait significatif dans notre cas, cela limiterait la transposition de nos données à d'autres situations.

Figure VIII-4 : Comparaison des teneurs moyennes en constituants chimiques (g/kg MS) des fourrages herbacés : graminées en vert (GV); légumineuses (LH) et des fourrages ligneux : espèces légumineuses (LL) et autres (AL).



Comparaison avec les herbacées

Les teneurs élevées en MAT et éléments minéraux des ligneux et leurs teneurs faibles en parois, par comparaison aux herbacées, ont été notées dans divers travaux portant sur la composition chimique de ces fourrages (Koné, 1987; Nitis, 1990)

Comparés aux graminées (GV) précédemment étudiées (figure VIII-4), les autres ligneux (AL) ont une teneur moyenne en MAT 3 fois supérieure à celle des graminées qui, à l'inverse, ont une teneur en NDF au moins double. Cependant, les parois des ligneux contiennent en proportion plus de lignine; cette dernière constitue 22 p.100 des parois totales contre seulement 7 p.100 chez les graminées.

Une évolution disparate des teneurs en MAT et NDF des ligneux conduit à toute absence de corrélation entre ces 2 composants en dehors de toute différenciation d'espèces, et constitue un autre trait distinctif d'avec les herbacées.

Si l'on considère le groupe des légumineuses, les teneurs en parois (NDF) sont l'élément le plus discriminant; surtout par la fraction cellulose, de 2.5 fois inférieure à celle des herbacées, pour une teneur en hémicelluloses à peu près équivalente (figure VIII-4). Les différences de teneurs en MAT entre herbacées et ligneux sont elles aussi significatives ($p < 0.001$), mais beaucoup moins marquées (116 et 151 g/kg MS respectivement). Toujours au sein de cette famille botanique, les teneurs en ADL se retrouvent anormalement plus faibles chez les ligneux, à cause des teneurs chez *A. seyal* (37g/kg MS), plus faibles que celles de tous les autres ligneux, et plus particulièrement que celles de l'autre légumineuse *A. macrostachya* (137 g/kg MS). Des différences encore plus importantes entre teneurs en ADL (9 à 422 g/kg MS) sont notées au sein de ce groupe entre *Erythrina variegata* (9 g/kg MS) et *Acacia mangium* (422 g/kg MS) (Topps, 1992). Ces données, il est vrai, proviennent d'espèces vivant dans des environnements différents, récoltées à des stades phénologiques qui peuvent différer et par conséquent ne reflètent pas forcément des différences inhérentes aux espèces.

Les teneurs en cendres des ligneux varient dans une large fourchette avec des valeurs extrêmes de 32 à 196 g/kg MS. Une telle variation reflète bien ce que nous avons par ailleurs observé avec les herbacées évoluant sur les mêmes sites (41 à 192 g/kg MS).

Les fourrages tropicaux qu'ils soient ligneux ou herbacées sont tous extrêmement pauvres en sodium. Par contre, l'association herbacées-ligneux dans une ration pourrait être bénéfique en compensant le déficit des premières notamment en phosphore (les pailles des herbacées en contiennent moins de 1 g/kg MS) mais aussi en calcium.

CONCLUSION

Les ligneux fourragers sont des aliments riches en MAT et en certains minéraux. Les jeunes feuilles d'espèces comme *B. aegyptiaca* et *C. aculeatum* pourraient constituer de véritables suppléments azotés, si leur utilisation ne s'avère pas réduite par la présence de la fraction MAADF à laquelle pourrait s'ajouter celle de composés secondaires de teneur et nature diverses trouvés dans les ligneux (Reed, 1986; Robbins et al., 1987).

La spécificité de cette catégorie de fourrage par rapport aux herbacées réside essentiellement dans les faits suivants :

- les teneurs en constituants chimiques ne peuvent pas être reliées au groupe (légumineuses ou autres).
- Leurs teneurs en constituants chimiques sont moins susceptibles aux variations saisonnières de la température et de la disponibilité en eau, avec pour conséquence une disponibilité plus étalée dans le temps de matériel de meilleure qualité.

La certitude d'une déficience en calcium et en phosphore des herbacées, et les teneurs très élevées notamment en calcium des ligneux, renforce le concept selon lequel une association entre les deux types de fourrages serait aussi la meilleure utilisation des ligneux.

L'idée d'associer ces 2 catégories de fourrages revêt véritablement toute son importance si l'on se place dans la période critique de saison sèche. Les teneurs en MAT des herbacées du pâturage à l'état de paille sont d'environ 20 g/kg MS alors que la moyenne par espèces de ces teneurs chez les ligneux se situe entre 120 et 170 g/kg MS, et qu'aucune teneur ne baisse en dessous de 85 g/kg MS. C'est ce qui explique alors l'attrait des animaux pâturant pour les feuilles ou fruits secs des ligneux tombés au sol et l'exploitation active des feuilles vertes quand elles sont accessibles.

En se basant sur les informations déjà disponibles, *A. macrostachya* est l'espèce la moins intéressante par suite de ses teneurs élevées en parois totales, qui sont de surcroît très lignifiées, et d'une fraction MAADF élevée (26 p.100). De telles caractéristiques risquent d'influencer négativement les valeurs d'ingestion et de digestibilité de l'espèce.

Ces éléments affecteront par ailleurs *Z. mauritiana*, mais dans une moindre mesure, et *B. aegyptiaca*, *A. seyal* et *C. aculeatum* pourraient avoir les meilleures valeurs nutritives.

CHAPITRE IX

DIGESTIBILITE DES LIGNEUX

De l'étude précédente portant sur la composition chimique des ligneux fourragers, de même que des informations compilées dans la revue bibliographique, il ressort clairement la nécessité de mener, dans les régions tropicales, une recherche en vue d'apprécier la contribution des ligneux comme ressource alimentaire (notamment azotée).

Cette recherche est d'autant plus importante que l'on se trouve dans un système où :

- les légumineuses herbacées ont une contribution spécifique faible sur les pâturages et se dégradent assez rapidement en même temps que le reste du tapis herbacé.
- les sous-produits agricoles sont insuffisants et, de toute évidence, mal gérés et où les sous-produits agro-industriels ont un coût élevé.

Les études sur les ligneux sont moins nombreuses que celles sur les herbacées, à cause probablement de l'effort plus important qu'elles impliquent pour la collecte d'échantillons homogènes, quantitativement suffisants, et par ailleurs du fait des problèmes d'ingestion posés par certaines espèces. Ceci a conduit bon nombre d'auteurs à se limiter à une détermination de la composition chimique des ligneux et à des déterminations de digestibilité essentiellement *in vitro*. Malheureusement, ces méthodes ce sont souvent révélées insuffisantes (Wilson 1977; Harrigton et Wilson 1980) pour des raisons diverses incluant, notamment, le type d'échantillon standard utilisé lors des déterminations, échantillons qui selon Mc Leod 1973 devraient provenir des espèces étudiées elles mêmes. De même, les teneurs très variables en composés secondaires de natures diverses, généralement non déterminées, influencent significativement les valeurs d'utilisation (Mc Leod 1974; Woodward et Reed 1989).

Tableau IX-1 : Espèces et périodes de récolte des feuilles (*) ou fruits (G) des ligneux étudiés.

MOIS ESPECES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>B. aegyptiaca</i>	*	* *	*		*		*	*	*		*	*
<i>C. aculeatum</i>					* *	*	*	*	*	*	* G	
<i>Z. mauritiana</i>	*	*	*	*			*		*	*	* *	*
<i>A. albida</i>	*	G	*	*	*							*
<i>A. macrostachya</i>		G	*				*		*			
<i>B. rufescens</i>										*	*	

Les mesures *in vivo* sont alors nécessaires dans un premier temps, afin de pouvoir, par la suite, les relier plus fidèlement aux données de composition chimique ou aux valeurs de digestibilité *in vitro*.

Les ligneux utilisés dans notre étude ont toujours été distribués en association avec un foin de graminée (sauf dans un cas) dans un rapport respectif de 60/40 (base MS).

Les mesures de digestibilité des ligneux ont donc été effectuées en dehors de toute mesure d'ingestion. Les rations ont été distribuées en quantité limitée sur la base de 40 g de MS/kg P0.75 estimée correspondre en moyenne aux besoins d'entretien des animaux utilisés pour ces mesures.

Nous nous sommes inspirés de la méthodologie appliquée aux aliments concentrés pour lesquels une absence ou une beaucoup plus faible interaction digestive du concentré sur le foin est notée lorsque les animaux sont nourris aux environs de l'entretien et aussi, d'autre part, lorsque les conditions d'une cellulolyse normale sont réunies (quantité adéquate de fibre, d'azote fermentescible et de minéraux...).

Compte tenu des variations avec le temps de la composition chimique des ligneux, notamment des teneurs en MAT et composés secondaires, les espèces ont été étudiées à différents stades de leur cycle végétatif.

Les feuilles des ligneux récoltées ont été soumises ou non, en fonction des conditions climatiques, à un préfanage d'un jour au soleil puis ont été séchées à l'ombre avec plusieurs retournements.

Du fait de leur intérêt dans l'alimentation des ruminants (période de disponibilité et grande appétibilité), les fruits ont aussi été étudiés. Ils sont récoltés ou ramassés déjà secs et sont alors directement stockés.

Le tableau IX-1 indique, pour chaque espèce, l'organe (feuille ou fruit) concerné et sa période de récolte.

Tableau IX-2 : Teneurs extrêmes en constituants chimiques (g/kgMS) et en énergie brute (Kcal/kg MS) des feuilles (a) et fruits (b) des ligneux distribués.

a : Feuilles

	Cendres	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	MG	EB
<i>B. aegyptiaca</i>	172 - 141	85 - 157	278 - 352	179 - 238	94 - 130	157 - 194	24 - 60	4378-4650
<i>C. aculeatum</i>	147 - 57	111 - 262	290 - 379	216 - 335	38 - 99	162 - 287	28 - 81	4491-4857
<i>Z. mauritiana</i>	132 - 88	85 - 134	289 - 372	203 - 292	97 - 122	141 - 191	28 - 68	4491-4935
<i>A. albida</i>	109 - 91	102 - 151	394 - 453	246 - 289	100 - 121	206 - 239	46 - 77	4707-4935
<i>A. machrostachya</i>	57 - 47	94 - 146	416 - 568	189 - 484	124 - 256	217 - 271	25 - 28	4800-5022
<i>B. rufescens</i>	164 - 90	132 - 180	367 - 414	240 - 249	73 - 85	183 - 195	20 - 26	4093-4515

b : Fruits

	Cendres	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	MG	EB
<i>C. aculeatum</i>	44	170	552	436	156	400	156	5237
<i>A. albida</i>	48	97	458	339	82	314	15	4463
<i>A. machrostachya</i>	54	133	535	459	152	384	18	4650

Sur les 6 espèces retenues, à savoir *Balanites aegyptiaca*, *Combretum aculeatum*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia albida*, *Acacia macrostachya*, et *Bauhinia rufescens*, 38 échantillons de feuilles et 3 de fruits sont étudiés au total.

Les données recueillies devraient permettre de :

- analyser les variations de digestibilité liées à l'espèce, au stade phénologique, à la saison ou à l'année, de même qu'au type d'organe,
- comparer l'amélioration de la digestibilité d'un foin de *Panicum anabaptistum* complétement avec des feuilles de *Acacia albida* à celle obtenue avec d'autres sources azotées (légumineuses herbacées)
- comparer, dans un cas, la digestibilité de feuilles de *B. aegyptiaca* distribuées comme seul aliment à celle du ligneux calculée lorsqu'il est associé à un foin de graminée dans le rapport (60/40)
- tester la fiabilité de la prédiction des digestibilité de la matière organique, de l'énergie et des matières azotées à partir de la composition chimique ou de méthodes in vitro utilisant du jus de rumen (Tilley et Terry; gaz test) ou enzymatiques (pepsine-cellulase; pronase).
- enfin, déterminer l'effet éventuel des tanins (tanins précipitants) sur l'utilisation digestive de nos ligneux.

I- COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX

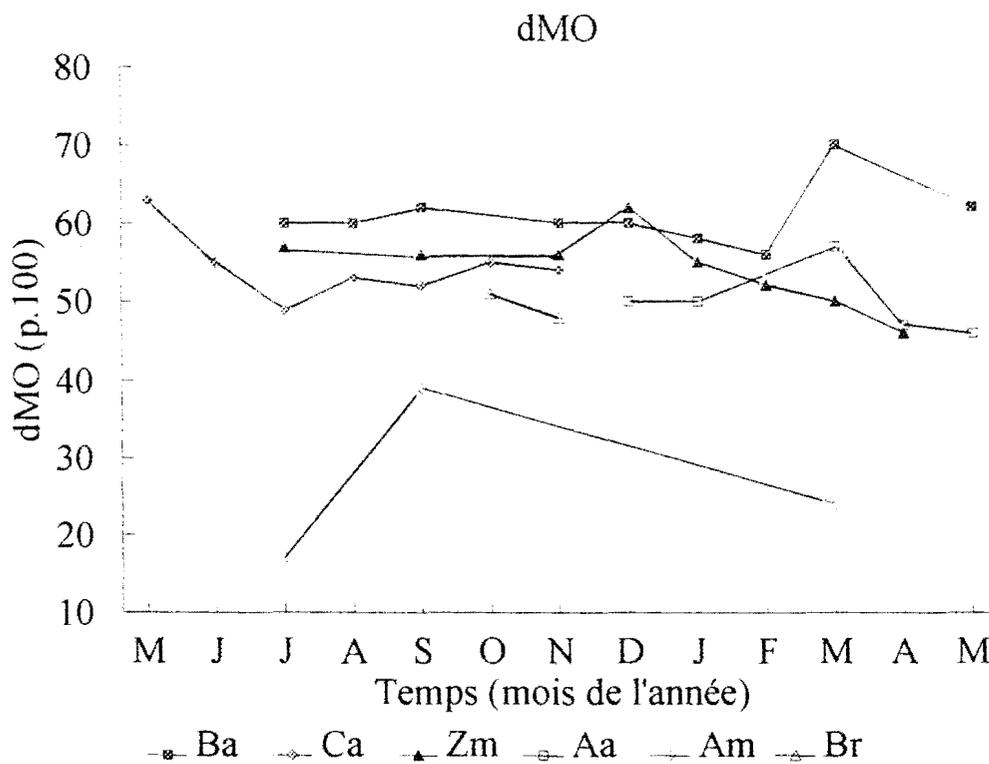
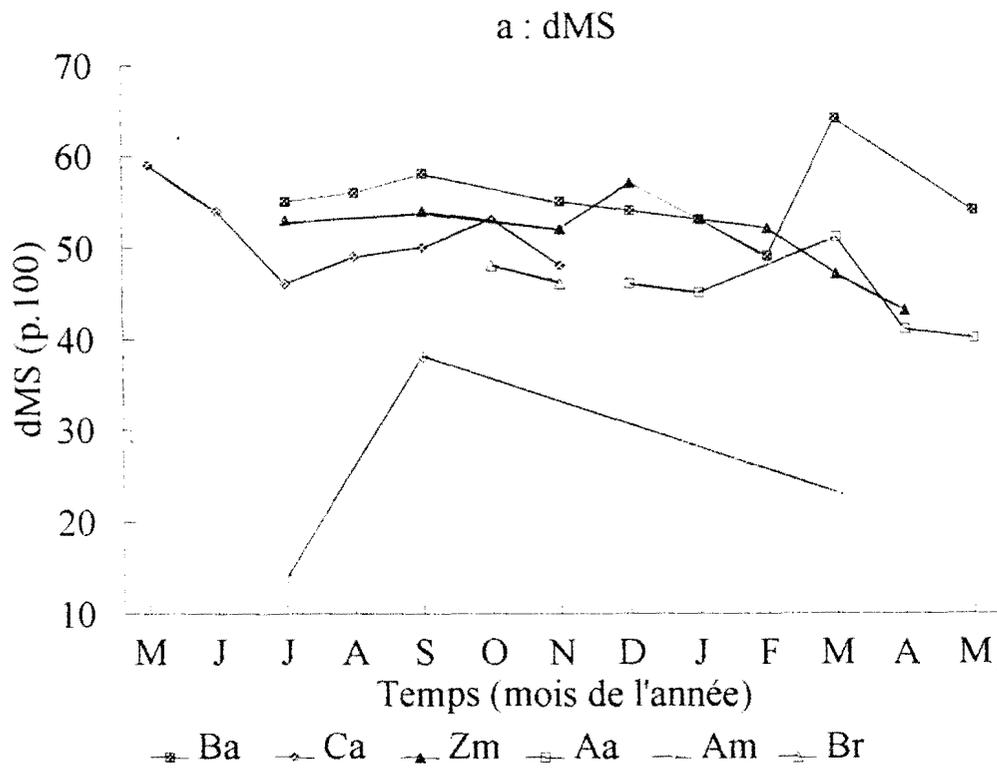
Le tableau IX-2 donne, par espèce, les valeurs extrêmes des teneurs en constituants chimiques des feuilles (a) et des fruits (b) des ligneux distribués.

Pour les mêmes raisons que celles évoquées avec les herbacées (problèmes de disponibilités quantitatives; variations entraînées par la fenaison), les limites supérieures en MAT sont légèrement plus faibles que celles des mêmes espèces étudiées dans le chapitre "composition chimique".

Les teneurs les plus élevées en MAT sont enregistrées chez *C. aculeatum*, et les plus faibles en parois (NDF et ADF) chez *B. aegyptiaca*. Par contre, les plus faibles teneurs en MAT et surtout les teneurs les plus élevées, quel que soit le stade, en NDF (>400 g/kg MS) et en lignine (>120 g/kg MS) sont enregistrées chez *A. Macrostachya*.

Figure IX-1 : Evolution des digestibilités (p.100) en fonction du temps des différentes espèces de ligneux.

Ba : *B. aegyptiaca*; Ca : *C. aculeatum*; Zm : *Z. mauritiana*; Aa : *A. albida*; Am : *A. machrostachya*; Br : *B. rufesc*



La teneur en énergie brute (EB) de ces ligneux varie de 4093 à 5022 kcal/kg MS. La valeur la plus faible correspond aux feuilles de *Bauhinia rufescens* et la plus forte à celles de *Acacia macrostachya*. Rapportée à la MO, elle varie de 4689 à 5517 kcal/kg MO pour respectivement des gousses de *Acacia albida* et des feuilles de *Balanites aegyptiaca*. L'énergie brute des ligneux est très élevée et la variation totale de 622 kcal pour les feuilles est plus importante qu'avec les foins d'herbacées ou ces mêmes herbacées en vert. La limite inférieure enregistrée correspond à l'énergie brute d'une graminée au stade phénologique du tallage, tandis que la limite supérieure n'a jamais été trouvée pour les herbacées (graminées comme légumineuses) étudiées.

II- VALEURS DE DIGESTIBILITE

Les quantités distribuées ont été entièrement consommées à l'exception des feuilles de *A. macrostachya* à 2 stades, pour lesquelles les quantités de MS ingérées ne représentent que 51 et 36 p.100 de la ration au lieu de 60 p.100.

Dans ces 2 cas, les refus collectés ont une teneur en MAT plus faible et en NDF plus élevée que l'aliment distribué. Cependant, les différences sont beaucoup moins importantes qu'avec les foins d'herbacées, les échantillons de ligneux étant plus homogènes.

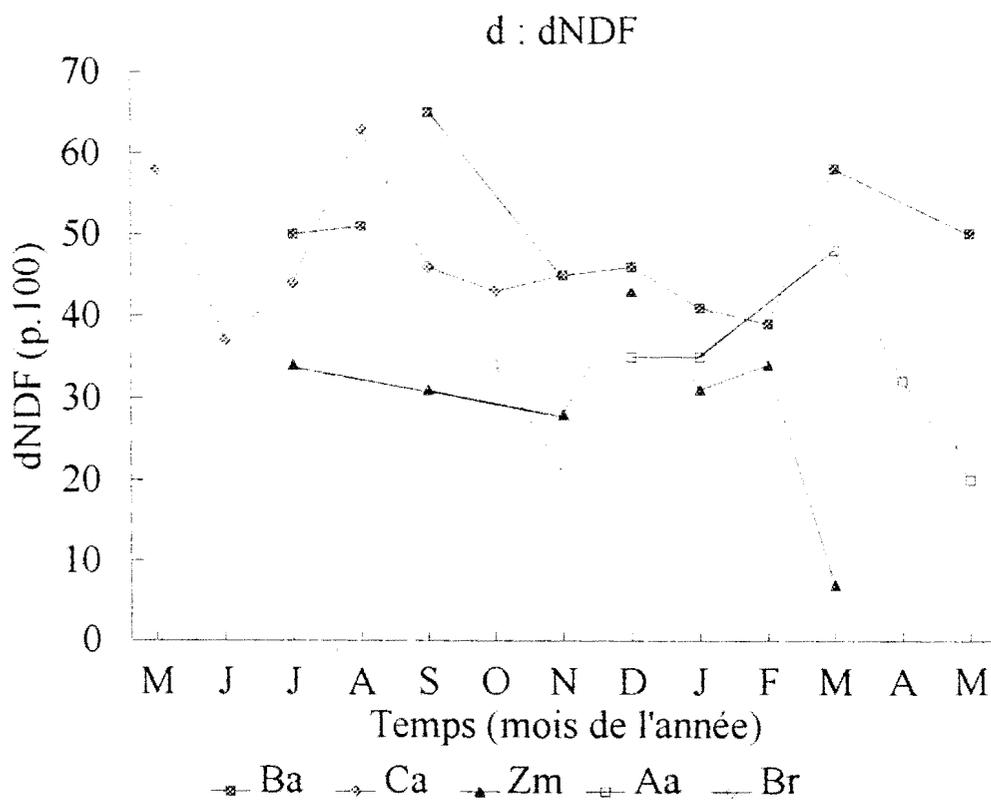
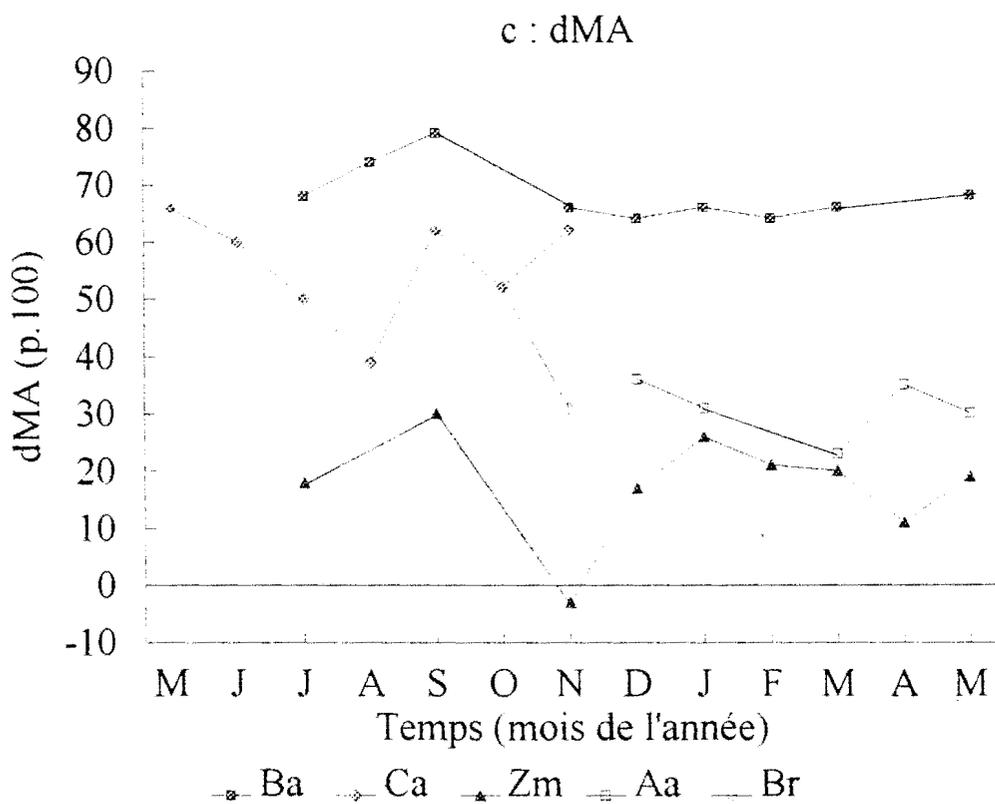
Les mesures de digestibilité sont effectuées sur des lots de 6 animaux et les valeurs de digestibilité de la ration ou celle du ligneux sont calculées par animal pour chaque constituant chimique.

La méthode de calcul par différence est appliquée (cf matériel et méthodes) pour retrouver la digestibilité du ligneux à partir de celle du foin, déterminée dans les mêmes conditions (40 gMS/kg P0.75).

1- Digestibilité de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO)

La dMS des 38 échantillons de feuilles de ligneux a variée de 64 p.100 pour *B. aegyptiaca* à 14 p.100 pour *A. macrostachya*; celle des gousses se situe entre 59 et 44 p.100 (figure IX-1a).

Figure IX-1 : Suite



Les espèces les plus digestibles sont *B. aegyptiaca* (64 à 50 p.100) et *C. aculeatum* (60 à 45 p.100).

Les valeurs de dMO correspondantes vont de 70 à 17 p.100 pour les feuilles et de 61 à 41 p.100 pour les gousses (figure IX-1b). Ces dMO sont en moyenne supérieures aux dMS de 6 et 5 points pour respectivement *B. aegyptiaca* et *A. albida* et d'environ 3 points pour les feuilles des autres espèces.

Pour une espèce donnée, au cours du cycle de végétation, une large fourchette de diminution de la dMS et la dMO est enregistrée : 22 points chez *A. macrostachya* et entre 11 et 16 points pour les autres espèces. Ces diminutions de digestibilité avec la maturité du fourrage sont à l'origine des valeurs très différentes citées, pour une espèce donnée, dans la bibliographie, et démontrent bien, comme nous l'avons déjà souligné pour la composition chimique, toute l'importance de bien caractériser le stade de végétation d'un échantillon étudié.

2- Digestibilité des matières azotées (dMA)

Comparée à la dMS ou à la dMO, la dMA varie dans une fourchette encore beaucoup plus large : de 79 p.100 avec *B. aegyptiaca* à -3 p.100 avec *Z. mauritiana* (figure IX-1c) et jusqu'à -62 p.100 avec *A. macrostachya*. Pour cette espèce, les dMA sont toujours négatives quel que soit le stade phénologique.

3- Digestibilité des parois

Les ligneux ont une digestibilité des parois totales (dNDF) relativement faible, de 65 à -6 p.100. A l'exception de certains stades de *B. aegyptiaca* et *C. aculeatum*, elles n'ont guère dépassé 45 p.100 (figure IX-1d).

La digestibilité de l'ADF varie comme celle du NDF, en lui restant très inférieure. La différence entre les digestibilités moyennes de ces deux constituants est de 11, 17, 27, 37, 37 et 10 points chez respectivement *B. aegyptiaca*, *C. aculeatum*, *Z. mauritiana*, *A. albida*, *B. rufescens* et les gousses des 3 espèces.

Tableau IX-3 : Digestibilité de l'énergie (dE en p.100), énergie digestible (ED en Kcal/kg MS) et énergie métabolisable calculée (EM en Kcal/kg MS) des différentes espèces de ligneux.

	dE	ED	EM
<i>B. aegyptiaca</i>	51,1 ± 2,2	2334 ± 116	1930 ± 96
<i>C. aculeatum</i>	49,0 ± 5,3	2304 ± 257	1840 ± 183
<i>Z. mauritiana</i>	50,5 ± 3,2	2368 ± 159	1952 ± 133
<i>A. albida</i>	45,0 ± 9,4	2125 ± 452	1737 ± 375
<i>B. rufescens</i>	47,0 ± 2,0	2027 ± 185	1640 ± 144
Moyenne feuilles	49,7 ± 5,4	2287 ± 257	1871 ± 212
Moyenne fruits	47,3 ± 6,3	2254 ± 252	1815 ± 215

En dehors de *B. aegyptiaca*, *C. aculeatum* et des gousses, la dADF est négative pour la grande majorité des échantillons des autres espèces.

Il en est de même des digestibilités de la lignine qui sont toutes négatives à l'exception de 2 échantillons de jeunes feuilles de *B. aegyptiaca* et des fruits de *C. aculeatum*.

La lignine joue probablement un rôle majeur dans la réduction de la digestibilité des fractions des parois cellulaires.

4- Digestibilité de l'énergie (dE)

La digestibilité moyenne de l'énergie des feuilles de ligneux (à l'exception de *A. macrostachya*) a été de 49.7 ± 5.4 p.100 (variation de 38 à 61 p.100) et celle des gousses de 47.4 ± 6.3 (variation de 41 à 56 p.100) (tableau IX-3).

B. aegyptiaca a la plus forte valeur moyenne de dE au cours du cycle, avec en outre une fourchette de variation faible comparée aux autres espèces qui peuvent donc, à certains stades, avoir des dE supérieures à sa valeur maximale. C'est le cas pour *Z. mauritiana*, *C. aculeatum* et *A. albida*.

Les dE sont inférieures aux dMO : de 3 points chez *C. aculeatum* et de 6, 8 et 9 points respectivement chez *Z. mauritiana*, *A. albida* et *B. aegyptiaca*.

Les teneurs moyennes en énergie digestible (ED) des feuilles et des gousses des ligneux, toutes espèces confondues, sont respectivement de 2287 ± 257 Kcal/kg MS et de 2254 ± 252 Kcal/kg MS. L'ED est plus élevée chez *Z. mauritiana*, puis viennent dans l'ordre décroissant *B. aegyptiaca*, *C. aculeatum* et *A. albida* (tableau IX-3).

III- FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE

1- L'espèce végétale et l'organe

Qu'il s'agisse des feuilles ou des gousses, l'espèce végétale est le principal facteur de variation de la digestibilité des ligneux.

Tableau IX-4 : Variations entre espèces de la dMS et de la dMO des feuilles (a), des fruits (b) et comparaison des dMS, dMO et dMA des feuilles et fruits d'une espèce(c) .

a : Feuilles

	<i>B aegyptiaca</i>	<i>C. aculeatum</i>	<i>Z. mauritiana</i>	<i>A. albida</i>	<i>A. machros- tachya</i>	<i>B. rufescens</i>
dMS	55 e	51 cd	52 d	45 b	26 a	47 bc
dMO	61 d	55 c	56 c	50 b	28 a	49 b

p<0,001

b : Fruits

	<i>C. aculeatum</i>	<i>A. albida</i>	<i>A. machros- tachya</i>
dMS	45 a	59 b	44 a
dMO	43 a	61 b	47 a

p<0.001

c : Comparaison feuilles (F) et fruits (G)

	dMS		dMO		dMA	
	F	G	F	G	F	G
<i>C. aculeatum</i>	51	45	55	43	54	74
<i>A. albida</i>	45	59	50	61	31	55
<i>A. machros- tachya</i>	26	44	28	47	-43	53

Des différences significatives de dMS et de dMO liées à l'espèce végétale sont notées aux tableaux IX-4a et IX-4b pour respectivement les feuilles et les fruits. Les digestibilités les plus élevées sont obtenues chez *B. aegyptiaca* et les plus faibles chez *A. macrostachya*. *C. aculeatum* et *Z. mauritiana* ont des valeurs moyennes calculées sur le cycle similaires.

Les gousses de *A. albida* ont des dMS et dMO supérieures d'environ 15 points à celles de *C. aculeatum* et *A. macrostachya*. La teneur élevée en matières grasses des fruits de *C. aculeatum* 156 g/kg MS contre seulement 15 et 18 g/kg MS respectivement pour les gousses de *A. albida* et *A. macrostachya* doit certainement contribuer à réduire sa digestibilité.

On sait en effet que lorsque la teneur en matières grasses de la ration dépasse 7p.100 chez le mouton, elle diminue la digestibilité des constituants pariétaux donc des dMS et dMO de la ration.

La variabilité inter-espèce est encore plus marquée pour la dMA qui, contrairement à la dMO, permet une discrimination très nette des espèces.

Par exemple, *C. aculeatum* et *Z. mauritiana*, de dMO moyenne équivalente (55 et 56 p.100), ont des dMA moyennes très différentes (54 et 19 p.100 respectivement), et la plus forte valeur de dMA de *Z. mauritiana* (34 p.100) équivaut à la plus faible enregistrée chez *C. aculeatum*.

Quel que soit le mois de l'année, la meilleure dMA est enregistrée chez *B. aegyptiaca* puis *C. aculeatum*, *A. albida* et enfin *Z. mauritiana*.

La dMA est encore le paramètre le plus distinctif des deux types d'organes (tableau IX-4c). Les valeurs sont beaucoup plus élevées pour les fruits que pour les feuilles d'une même espèce. La dMA des fruits de *C. aculeatum* atteint jusqu'à 74 p.100 alors que la valeur la plus élevée des feuilles est de 66 p.100.

A l'inverse, la dNDF des fruits est beaucoup plus faible que celle des feuilles, particulièrement *C. aculeatum*, expliquant, qu'en définitive, les dMS et la dMO des feuilles soient de loin supérieures à celles des fruits pour cette espèce.

Tableau IX-5 : Variations de la dMS et de la dMO (p.100) des ligneux en fonction de :
a : stade phénologique; b : saison; c : année.

a : Le stade phénologique

	Stade	dMS	dMO
<i>B. aegyptiaca</i>	1	53	58
	2	56	61
	3	55	60
		NS	NS
<i>C. aculeatum</i>	1	56	63
	2	54	55
	3	48	52
		***	***
<i>Z. mauritiana</i>	1	53	57
	2	55	57
	3	54	58
	4	49	52
		***	***

1 : Feuillaison

2 : Floraison-fructification

3 : Fructification

4 : Fin feuillaison

*** : p<0,001

NS : non significatif p<0,05

b : La saison

	Saison	dMS	dMO
<i>B. aegyptiaca</i>	SP	55	60
	SSF	56	61
	SSC	55	61
		NS	NS
<i>C. aculeatum</i>	SP	52	56
	SSF	48	54
		NS	NS
<i>Z. mauritiana</i>	SP	54 a	57 a
	SSF	54 a	58 a
	SSC	48 a	52 b
		***	***
<i>A. albida</i>	SSF	47	50
	SSC	44	50
		NS	NS

SP : Saison des pluies

SSC : Saison sèche chaude

NS : Non significatif p<0,05

*** : significatif p<0,001

c : L'année

	Période	dMS	dMO
<i>C. aculeatum</i>	5/90	53	62
	5/91	59	63
		*	NS
<i>Z. mauritiana</i>	9/90	54	56
	9/91	54	58
			NS
	11/90	52	56
	11/91	54	57
		NS	NS

NS : Non significatif p<0,05

* : significatif p<0,05

2 - L'âge

Pour une espèce donnée, les diminutions de dMS avec l'âge sont assez faibles, sauf chez *A. macrostachya*, espèce pour laquelle les plus faibles valeurs sont enregistrées. Elles sont représentées à la figure IX-1 à partir du mois de mai comme base du temps. C'est en effet à partir de ce mois que l'on assiste, chez la plupart des espèces, à la reprise de la végétation.

Une évolution uniforme ou nette de la digestibilité des divers constituants sur la base des mois de l'année n'est pas toujours évidente pour une espèce donnée. La dMS, tout comme la dMO, est relativement stable durant une période plus ou moins étalée du cycle, notamment chez *B. aegyptiaca* (8 mois) et *Z. mauritiana* (5 mois).

Globalement, le temps a un effet sur la digestibilité des différents constituants à travers une variation des compositions chimiques. Ainsi, selon l'espèce et le mois, des différences significatives ($p < 0.05$) sont notées pour les diverses digestibilités. C'est ce qui ressort de l'analyse de variance appliquée aux valeurs de dMS et dMO.

3 - Le stade phénologique, la saison et l'année

La dMS et la dMO de *B. aegyptiaca* et *A. albida* varient peu au cours du cycle de sorte que, pour ces espèces, aucune différence significative ($p < 0.05$) n'apparaît lorsque ces digestibilités sont exprimées en fonction du stade phénologique ou de la saison. Par contre, les diminutions avec le temps des dMS et dMO des autres espèces, qui sont significativement plus faibles en fin de cycle, font apparaître un effet stade phénologique chez *C. aculeatum* et *Z. mauritiana* et seulement un effet saison chez *Z. mauritiana* (tableaux IX-5a et IX-5b).

En 1990 et 1991, les feuilles de 2 espèces ont été récoltées à une même période du calendrier : en mai pour *C. aculeatum* et en septembre et novembre pour *Z. mauritiana*. On remarque que, en dehors de la dMS de *C. aculeatum*, l'effet année n'existe pas. Les différences enregistrées ne sont pas significatives ($p < 0.05$) (tableau IX-5c); le fourrage récolté durant ces 2 années était, dans chaque cas, à un stade phénologique équivalent.

Tableau IX-5d : Comparaison de la digestibilité des différents constituants de *B. aegyptiaca* distribué seul ou associé à du foin de graminée.

	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF	dADL
<i>B. aegyptiaca</i> seul	52	59	62	41	22	-27
<i>B. aegyptiaca</i> + foin (60/40)	50	57	64	39	26	-38

Les différents modes d'expression de la période d'exploitation (mois, stade phénologique ou saison) ne sont pas tous appropriés pour traduire l'évolution de la digestibilité d'une espèce. C'est ainsi que le stade phénologique n'est un facteur de variation de la digestibilité que pour 2 espèces (*Z. mauritiana* et *C. aculeatum*), et que l'effet saison n'est décelé que pour une seule espèce (*Z. mauritiana*) sur les 4 étudiées. L'expression la plus significative reste celle de l'évolution dans le temps, à savoir les mois de l'année.

4- Le taux de ligneux dans la ration

Les problèmes d'ingestion de quantités suffisantes de matière sèche, liées à l'espèce de ligneux, mais aussi à sa période d'exploitation, sont une des raisons de leur association à des herbacées lors des études de digestibilité.

Pour les taux d'incorporation choisis lors des mesures de digestibilité nous nous sommes inspirés de la méthodologie utilisée pour les aliments concentrés en raison des teneurs élevées en MAT et des problèmes d'interactions digestives pouvant survenir entre les éléments des différents composants de la ration.

La comparaison des valeurs de digestibilité des feuilles de *B. aegyptiaca* utilisées comme seul aliment ou en association avec du foin (60/40) (tableau IX-5d), indique une absence de phénomènes d'interactions digestives quel que soit le constituant. En revanche, il se pourrait que, chez d'autres espèces et pour certains stades, ces phénomènes puissent survenir.

IV- VALEUR ENERGETIQUE DES LIGNEUX

1- Valeurs d'énergie nette

Les valeurs en énergie métabolisables (EM) et en énergie nette (UFL et UFV) sont données au tableau IX-3. L'EM a variée de 2379 à 1455 kcal/kg MS (moyenne de 1871 ± 219 kcal/kg MS) et l'énergie nette (EN) de 0.79 à 0.45 UFL et de 0.73 à 0.34 UFV (moyennes respectives de 0.60 ± 0.08 et 0.51 ± 0.09).

Tableau IX-6 : Régressions de prédiction de l'énergie brute de la matière organique (EBo) des ligneux.

Variables de prédiction x; y; z	n	Régressions	ETR	r ²
Toutes espèces confondues	34			
Cendres		EBo (kcal/kg) = 4872 + 3,178 x	165	0,328
MG		4978 + 4,740 x	185	0,170
MAT		5516 - 1,939 x	181	0,192
ADL		5016 + 1,712 x	183	0,170
Cellulose		5727 - 2,936 x	141	0,507
Cendres et MG		4628 + 3,142 x + 4,636 y	146	0,494
ADL et cellulose		5528 + 1,362 x - 2,766 y	127	0,613
MG et ADL		4674 + 5,642 x + 2,043 y	157	0,410
MG et Cellulose		5510 + 3,337 x - 2,709 y	131	0,590
Cendres et MG et ADL		4328 + 3,128 x + 5,534 y + 2,03 z	109	0,728
MG et ADL et cellulose		5213 + 4,203 x + 1,65 y - 2,444 z	106	0,740
Par espèce				
<i>Combretum aculeatum</i>	7			
MG		4837 + 3,451 x	57	0,56
<i>Balanites aegyptiaca</i>	10			
Cendres		4093 + 8,459 x	90	0,636
ADL		4561 + 6,164 x	110	0,453
CB		4428 + 8,459 x	117	0,39
MG et CB		3902 + 7,615 x + 5,288 y	87	0,706
<i>Ziziphus mauritiana</i>	8			
CB		5970 - 4,306 x	117	0,35
MG et ADL		3767 + 9,193 x + 8,432 y	78	0,755
<i>Acacia albida</i>	5			
MG		4944 + 5,299 x	71	0,722
MAT		6034 - 5,399 x	76	0,684
MG et ADL		5215 + 6,951 x - 2,675 y	29	0,969
MG et ADL et cellulose		4815 + 7,536 x - 3,125 y + 2,553z	2,97	0,999

Sur le cycle, la valeur moyenne en EM des ligneux a été supérieure et moins variable que celle des foins d'herbacées étudiés, qui était de 1692 ± 337 kcal/kg MS d'EM.

2- Prédiction de la valeur énergétique

2.1- L'énergie brute de la matière organique (Ebo)

La prédiction de l'EBo ne concerne ici que les feuilles (F) à cause des différences notables constatées avec les fruits (G). Ce dernier groupe, de par son nombre d'échantillon limité (3 au total) n'est pas non plus examiné séparément.

L'analyse des feuilles de ligneux, toutes espèces confondues, montre que l'EBo peut être prédite à partir de certains constituants chimiques du fourrage (tableau IX-6).

La cellulose de Van-Soest est de tous les constituants chimiques considérés séparément celui qui est le plus significatif; il explique 51 p.100 de la variation de l'EBo des ligneux.

L'EBo varie en sens inverse des teneurs en cellulose et MAT, alors qu'elle est positivement reliée aux teneurs en matières grasses, lignine et hémicelluloses.

L'association des teneurs en MG, ADL et cellulose permet la meilleure prédiction ($r = 0.86$). Dans tous les cas l'ETR reste élevé et au moins égal à 105 kcal.

Lorsque l'on s'intéresse aux espèces individuellement, il apparaît que l'EBo varie aussi de façon spécifique avec la composition chimique. En effet, si la MG est le constituant chimique le plus influant chez *C. aculeatum* ($r = 0.75$; ETR 57), ce facteur pris isolément n'a aucun effet significatif chez *Z. mauritiana*, espèce pour laquelle la teneur en CB, ou l'association MG et ADL est la plus significative ($r = 0.87$; ETR = 78).

Par ailleurs, les teneurs en ADL et CB peuvent être utilisées dans le cas de *B. aegyptiaca*, mais la meilleure relation reste celle obtenue avec les teneurs en MG et CB ($r = 0.84$; ETR = 87). L'EBo de *A. albida* est significativement corrélée aux teneurs en MG et MAT. Aussi, MG, ADL et (ADF - ADL) ($r = 0.999$) donne un écart type très réduit de 3 kcal. Il faut souligner dans ce cas, le faible nombre de données ($n = 4$).

Figure IX-2 : Liaison entre la digestibilité de l'énergie (dE en p.100) et la digestibilité de la matière organique (dMO en p.100) des ligneux

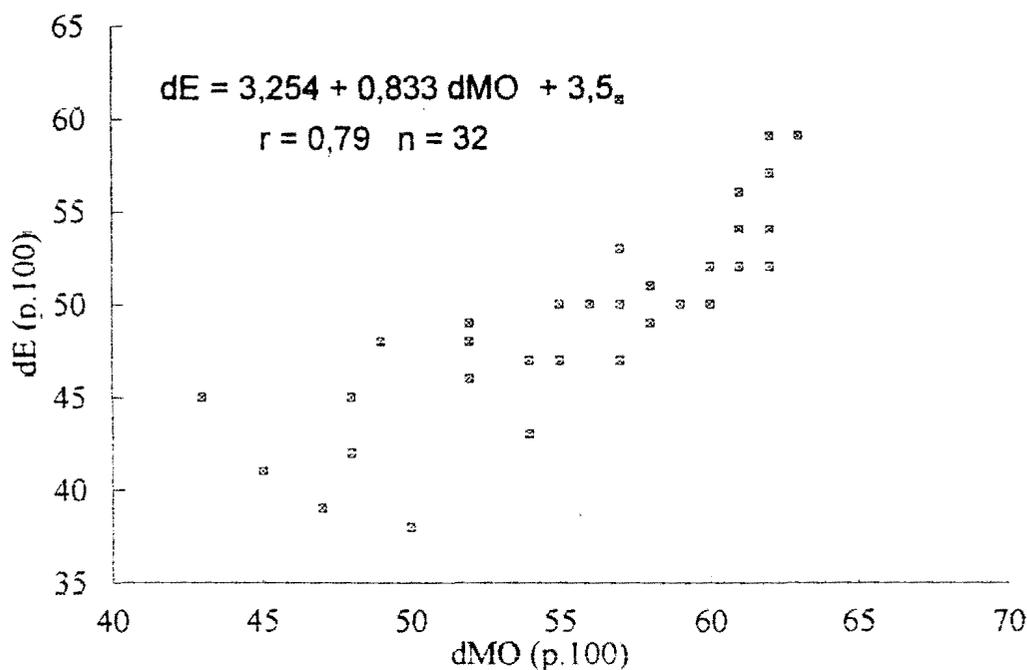


Tableau IX-7 : Prévisions de la digestibilité de la matière organique (dMO) et de l'énergie (dE) (en p.100) à partir de la composition chimique (X) de l'ingéré des ligneux et des feces des rations à base de ligneux.

	X	n	Régressions	ETR	r
INGERE	NDF	40	dMO = 88,368 - 0,096 X	8,03	-0,65
	ADF	40	68,700 - 0,058 X	9,83	-0,38
	ADL	40	67,496 - 0,149 X	9,48	-0,45
	CB	40	68,573 - 0,071 X	9,76	-0,39
	CB	32	dE = 58,11 - 0,038 X	5,00	-0,48
	NDF	32	62,06 - 0,031 X	5,28	-0,37
	MAT(Ca*)	7	36,31 - 0,076 X	4,85	+0,73
FECES	MAT	40	dMO = 66,767 - 0,077 X	6,53	-0,35
	NDF	40	83,613 - 0,031 X	4,75	-0,73
	ADF	40	80,067 - 0,053 X	4,55	-0,76
	ADL	40	71,919 - 0,064 X	5,02	-0,69

* Ca = *Combretum aculeatum*

2.2- La digestibilité de l'énergie (dE)

2.2.1- A partir des valeurs de digestibilité in vivo

La digestibilité de l'énergie peut être déduite de celle de la MS ou de la MO (figure IX-2).

$$\begin{aligned}
 dE \text{ (F et G)} &= 1.132 + 0.941 \text{ dMS} \pm 3.74 \quad r = 0.76 \quad n = 32 \\
 &= 3.254 + 0.833 \text{ dMO} \pm 3.5 \quad r = 0.79 \quad n = 32 \\
 dE \text{ (F)} &= 0.806 + 0.948 \text{ dMS} \pm 3.9 \quad r = 0.71 \quad n = 29 \\
 &= -2.024 + 0.923 \text{ dMO} \pm 3.4 \quad r = 0.79 \quad n = 29
 \end{aligned}$$

La relation est moins précise que celle établie chez les herbacées. Elle s'améliore si les espèces sont prises séparément (r de 0.85 à 0.93; ETR de 1.06 à 3.9 mais de 4.8 pour *A. albida*).

2.2.2- A partir de la composition chimique

Seules les teneurs en constituants chimiques des parois des ligneux sont liées en partie aux digestibilités de la MO et donc de l'énergie (tableau IX-7). Ces digestibilités sont totalement indépendantes des variations de teneurs en MAT.

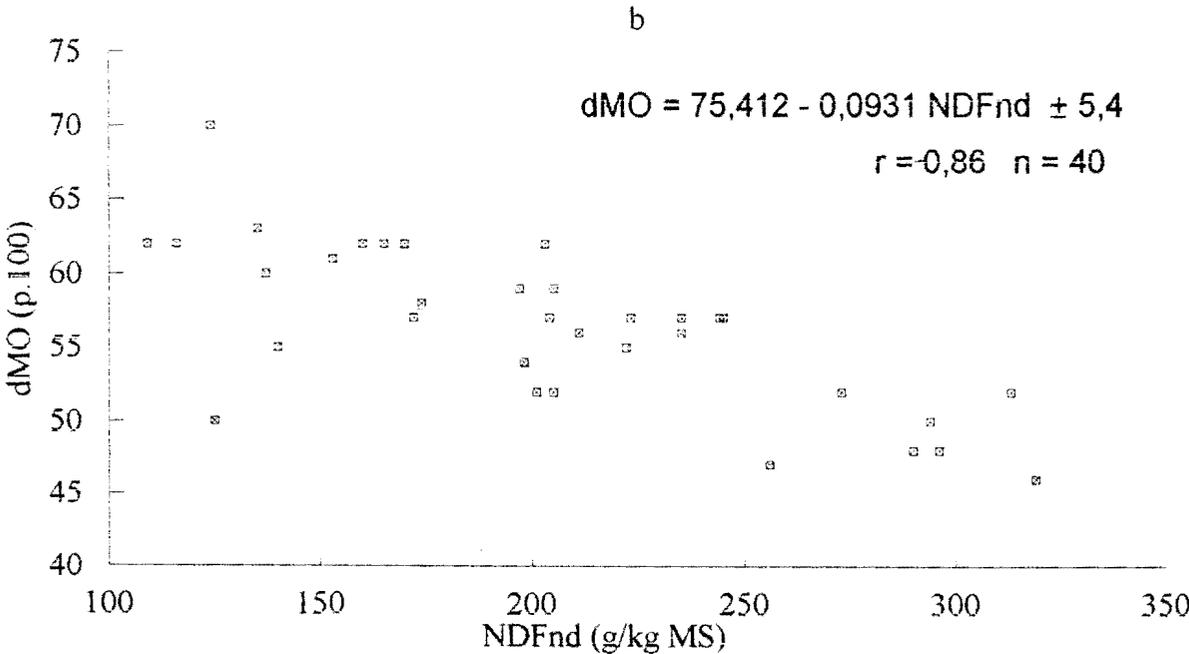
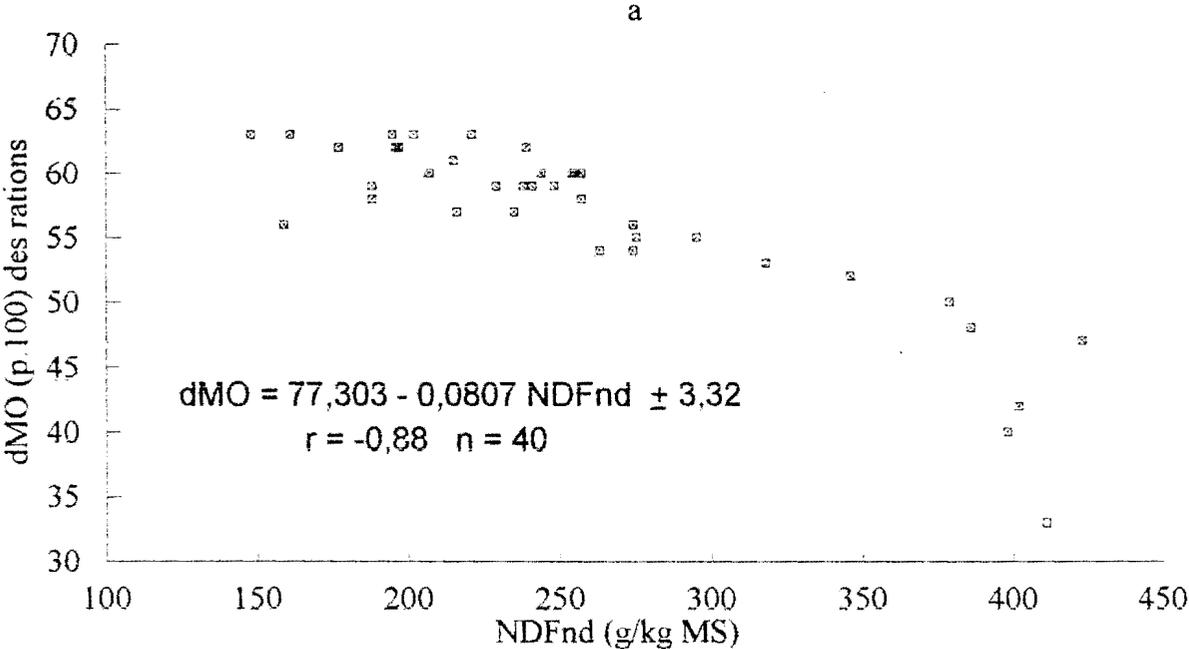
Aucun des constituants chimiques analysés, pris isolément ne semble pouvoir expliquer la variation de l'ED des ligneux considérés dans leur ensemble. De même par espèce, les relations avec la composition chimique sont significatives uniquement avec les MAT_o chez *C. aculeatum*.

$$ED \text{ (} C. \text{ aculeatum F)} = 1833 + 2.395 \text{ MAT}_o \pm 223 \quad r = 0.71 \quad n = 6$$

$$ED \text{ (} C. \text{ aculeatum F+G)} = 1851 + 2.335 \text{ MAT}_o \pm 204 \quad r = 0.70 \quad n = 7$$

La dMO des rations à base de ligneux peut être prédite à partir de la composition chimique des fèces. Les teneurs en MAT_f sont un moins bon "prédicteur" que les teneurs en parois (NDF_f, ADF_f et ADL_f). C'est avec la lignocellulose (ADF_f) que la relation est la plus significative (p < 0.001; r = -0.76; ETR = 4.6)(tableau IX-7) .

Figure IX-3 : Relations entre la digestibilité de la matière organique (dMO en p.100) et les teneurs en NDF non digestibles (NDFnd en g/kg MS) (a) des rations composées de foin et ligneux et (b) des ligneux.



Les teneurs en NDF et ADF des fèces sont de meilleurs prédicteurs de la dMO des rations de ligneux que de celle d'herbacées, alors que c'est l'inverse qui a été trouvé avec les MAT. Les précisions restent cependant inférieures à celles obtenues lors de la prédiction de la dMO des herbacées à partir de la CB des fèces (ETR = 3.8).

La méthode de prédiction basée sur la composition chimique de l'ingéré est difficilement applicable aux ligneux. Les ETR d'au moins 8 points de digestibilité font apparaître une fois de plus la grande variabilité entre espèces, qui, à teneur équivalente en un constituant, ont des digestibilités très différentes.

La dMO des ligneux varie comme la digestibilité des parois totales dNDF ($r = 0.80$; ETR = 6.4). Mais plus que cette digestibilité, les teneurs en parois non digestibles (NDFnd) expliqueraient la variation de la dMO ($r = 0.86$; ETR = 5.4) (figure IX-3a et IX-3b).

$$\begin{aligned} \text{dMOR (F et G)} &= 77.303 - 0.0807 \text{ NDFnd} \pm 3.32 \quad r = -0.88 \quad n = 40 \\ \text{dMOL (F et G)} &= 75.412 - 0.0931 \text{ NDFnd} \pm 5.45 \quad r = -0.86 \quad n = 40 \\ \text{dMOL (F)} &= 77.623 - 0.106 \text{ NDFnd} \pm 4.5 \quad r = -0.89 \quad n = 37 \end{aligned}$$

dMOR et dMOL en p.100 , dMO de la ration
(foin + ligneux) et du ligneux en p.100
NDFnd en g/kg MS

Par rapport aux herbacées, pour lesquelles la relation était plus étroite ($r = 0.98$; ETR = 2.15), à teneur équivalente en NDFnd, les fourrages ligneux sont moins digestibles.

2.2.3- A partir de méthodes utilisant du jus de rumen

Deux méthodes utilisant du jus de rumen ont été appliquées aux ligneux pour en prédire les dMS et dMO in vivo. Il s'agit de la méthode in vitro de Tilley et Terry (DIV) et celle du gaz test.

Figure IX-4 : Relation entre la digestibilité (p.100) déterminée in vivo (dMO) et par la méthode du gaz test (dMOGT) des ligneux.

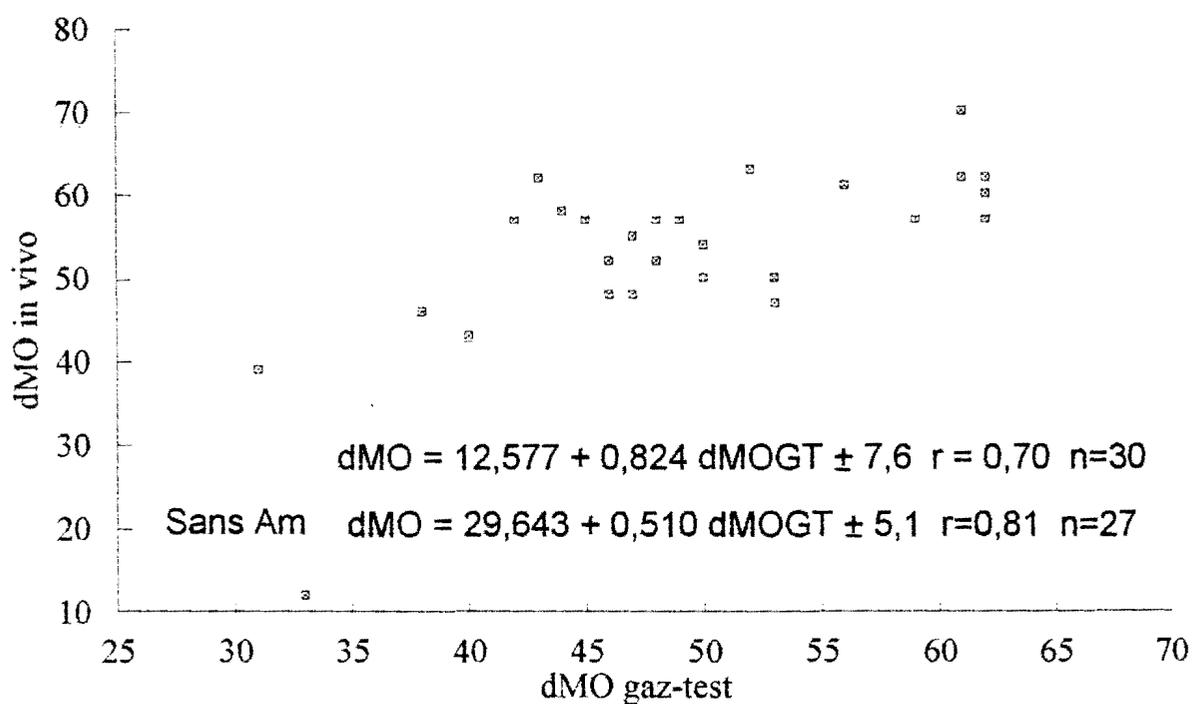
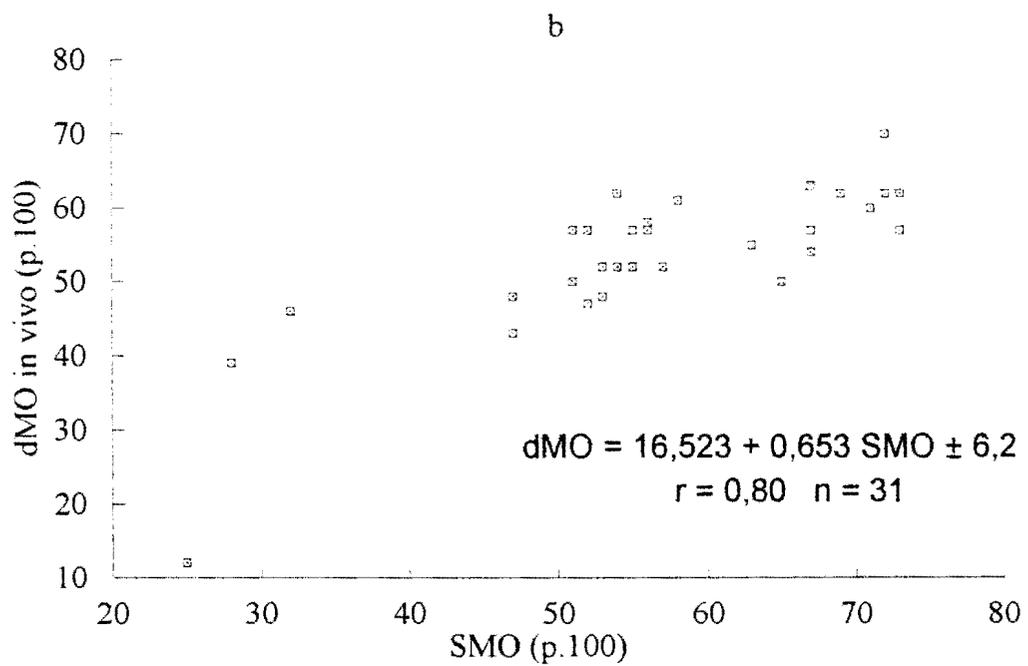
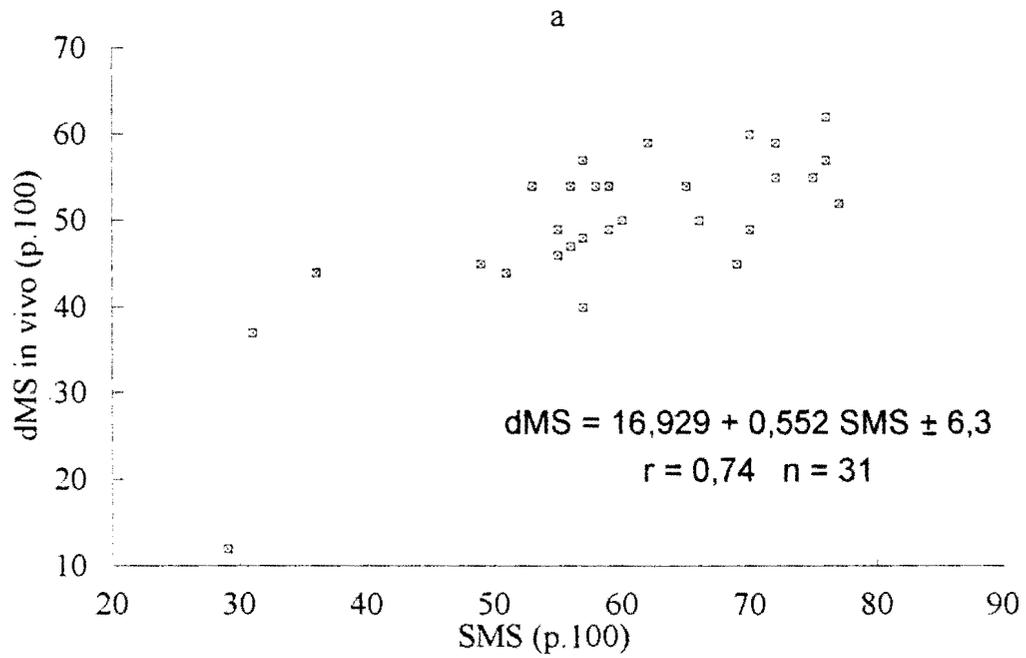


Figure IX-5 : Relations entre les digestibilités in vivo (p.100) de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO) et les solubilités pepsine cellulase de la MS (SMS) et de la MO (SMO)



Avec la DIV, appliquée il est vrai sur un nombre plus restreint d'espèces et d'échantillons (15 au total), aucune équation de prédiction significative ($p < 0.05$) n'a pu être établie avec les mesures *in vivo*.

Par contre, avec la méthode du gaz test (dMOGT) la prédiction de la dMO *in vivo* est significative ($p < 0.001$) quoique peu précise (ETR = 7.6 points) (figure IX-4). L'élimination des valeurs de feuilles de *A. macrostachya* réduit l'ETR à 5.1 points.

$$\text{dMO} = 12.577 + 0.824 \text{ dMOGT} \pm 7.6 \quad r = 0.70 \quad n = 30$$

$$\text{dMO sans } A. \text{ macrostachya} = 29.643 + 0.510 \text{ dMOGT} \pm 5.1 \quad r = 0.81 \\ n = 27$$

2.2.4- A partir d'une méthode enzymatique

La solubilité de la MS (SMS) et de la MO (SMO) *in vitro* par la pepsine cellulase est significativement reliée à la dMS et à la dMO (figures IX-5a et IX-5b).

$$\text{dMS} = 16.929 + 0.552 \text{ SMS} \pm 6.3 \quad r = 0.74 \quad n = 32$$

$$\text{dMO} = 16.523 + 0.653 \text{ SMO} \pm 6.2 \quad r = 0.80 \quad n = 32$$

L'ETR, du même ordre de grandeur dans les deux cas, se réduit d'environ 2 points lorsque les valeurs des feuilles d'*A. macrostachya* ne sont pas prises en compte. Cette espèce s'est jusque là singularisée aussi bien pour l'ingestion, la composition chimique que les valeurs d'utilisation.

Avec la pepsine cellulase, on solubilise plus de MS et MO qu'*in vivo*. Le pH acide du milieu a pu avoir un effet destructeur des substances antinutritionnelles (notamment les tanins) et favoriser ainsi la dégradation.

Cette prédiction n'est pas très précise, mais l'est cependant plus que celle à partir de la composition chimique du fourrage ingéré.

Tableau IX-8 : Digestibilités apparentes (dMA) et réelles estimées (drMA) des matières azotées (en p.100) et teneurs en matières azotées non digestibles (MAND en g) des rations (graminées + ligneux) et des ligneux.

	RATIONS			LIGNEUX		
	dMA	drMA	MAND	dMA	drMA	MAND
<i>B. aegyptiaca</i>	62,0 ± 4,9	88 ± 6	39,5 ± 3,3	67,6 ± 5,0	87 ± 12	36,4 ± 3,8
<i>C. aculeatum</i>	53,4 ± 7,1		62,2 ± 10,5	53,6 ± 11,3		76,2 ± 17,2
<i>Z. mauritiana</i>	32,1 ± 6,9		68,0 ± 7,3	19,3 ± 9,8		91,9 ± 16,0
<i>A. albida</i>	37,4 ± 6,0		65,7 ± 7,3	31,0 ± 4,6		86,5 ± 13,0
<i>B. rufescens</i>	42,5 ± 6,5		71,8 ± 0,2	41,5 ± 10,5		88,7 ± 2,3
<i>A. machros-tachya</i>	-1,3 ± 7,4		91,4 ± 46,9	-43,3 ± 13,2		175,9 ± 37,4
Gousses	57,7 ± 4,8		49 ± 2,2	60,7 ± 9,3		51,5 ± 7,8

Tableau IX-9 : Comparaison de la digestibilité d'un foin de *P. anabaptistum* associé à 2 types de légumineuses : herbacées (variété S2 et TN1 de niébé) et ligneux (*A. albida* : Aa)

Rations	Teneurs (g/kg MS)			Digestibilité (p.100)			
	MAT	NDF	ADL	dMS	dMO	dMA	dNDF
<i>P. anabaptistum</i>	43,9	759,6	72,6	49	51	33	47
" + S2	79,5	693,8	72,9	47	48	56	42
" + TN1	79,6	703,5	72,2	45	47	51	43
" + Aa	79,4	559,6	110,7	43	48	31	31

V- VALEUR AZOTEE DES LIGNEUX

1- Valeurs d'utilisation des matières azotées des ligneux

Les fourrages ligneux étudiés sont caractérisés par leur richesse en MAT, de 85 à 262 g/kg MS. Ces MAT sont constituées d'une fraction plus ou moins importante liée aux parois (MA.ADF), variable selon l'espèce, en moyenne plus faible chez *B. aegyptiaca* et *C. aculeatum* (5 et 14 p.100 des MAT) que chez *Z. mauritiana*, *A. albida* et *B. rufescens* (11 et 27 p.100 des MAT) et pouvant dépasser 40 p.100 des MAT chez *A. macrostachya*. Cette fraction (MA.ADF) dans les gousses constitue entre 8 et 23 p.100 des MAT.

En dépit des teneurs élevées en MAT, les dMA sont quelquefois faibles. Elles sont fortement négatives chez *A. macrostachya* quel que soit le stade d'exploitation. Les MAT de l'espèce sont totalement indigestibles et, associées au sein d'une ration à du foin d'herbacée, elles rendent indigestibles les MAT de ce dernier.

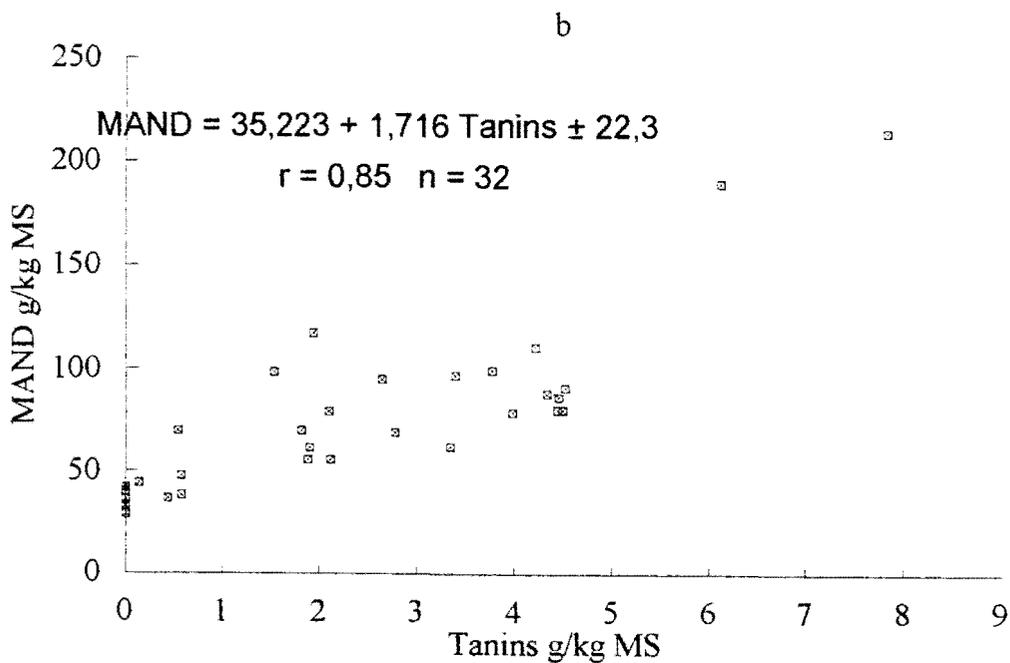
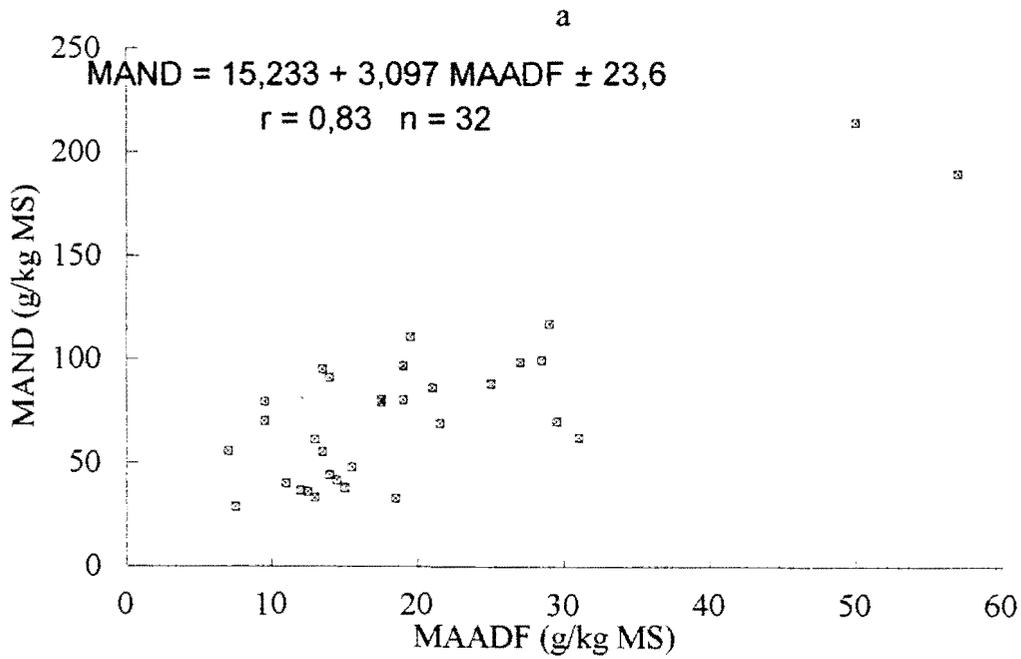
Les teneurs en MAND qui en découlent, variables selon l'espèce, peuvent alors être très élevées. Elles sont du même ordre qu'avec les herbacées chez *B. aegyptiaca* (36.4 ± 3.8 g), mais beaucoup plus importantes pour les feuilles et gousses des ligneux des autres espèces (entre 76 et 176 g et entre 44 et 62 g respectivement) (tableau IX-8).

La fraction MAADF est supposée indigestible et sa teneur dans l'aliment explique environ 70 p.100 de la variation des teneurs en MAND des ligneux (figure IX-6a).

2- Comparaison de l'utilisation des MAT des légumineuses herbacées et ligneux

Dans le volet portant sur la digestibilité des herbacées, nous avons mis en évidence une amélioration globale de l'ingestion du fourrage de base (foin) pauvre en MAT, couplée à une amélioration de la digestibilité de la ration, lorsque ces foins étaient complétés avec des sources riches en MAT jusqu'à une teneur minimale de 8 p.100 de MAT.

Figure IX-6 : Relations entre les teneurs en matières azotées non digestibles (MAND g/kg MS) et (a) les teneurs en matières azotées contenues dans l'ADF (MAADF g/kg MS) et (b) les teneurs (g/kg MS) en tanins précipitants.



Il s'agit ici de comparer l'utilisation digestive d'un foin de *P. anabaptistum* de teneur en MAT faible (44 g/kg MS) complétement -soit avec une légumineuse herbacée (*Vigna unguiculata*) dont 2 variétés de fanes (TN-1 et S2) sont testées - soit, avec une légumineuse de la famille des ligneux (*Acacia albida*) dont les feuilles sont récoltées en pleine saison sèche.

Les teneurs en MAT et la dMO des 3 rations complétement sont comparables (tableau IX-9). Cependant, la proportion des parois non digérées (NDFnd) est plus importante avec le ligneux pour des teneurs en NDF dans la ration plus faibles. La digestibilité plus faible (de plus de 10 points) des parois de la ration comportant le ligneux peut être imputée - soit à sa teneur plus élevée en ADL ou encore au degré de lignification de ses parois (ADL/NDF) qui est double (19.8 contre 10.3 et 10.5) de celui des autres rations. - soit à d'autres facteurs soupçonnés tels que la nature et la teneur en d'autres composés secondaires (tanins par exemple), car les *Acacia* sont réputés contenir des tanins hydrolysants, mais aussi et surtout des tanins condensés en proportion importante. Sur des échantillons de la même espèce, récoltés à des dates différentes du calendrier, la teneur en tanins précipitants a variée de 18 à 38 g/kg MS.

Ces facteurs antinutritionnels ou toxiques, de même que la proportion plus importante de MAADF chez *A. albida*, serait à l'origine de la dMA plus faible de la ration qu'elle compose, à teneur équivalente en MAT.

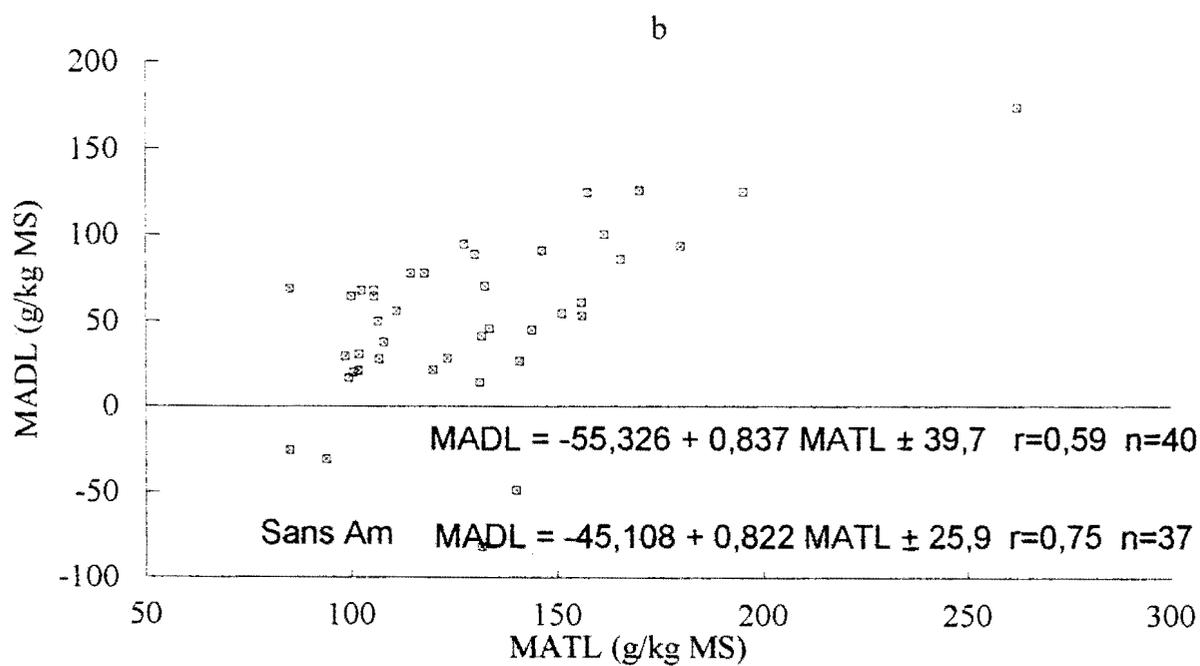
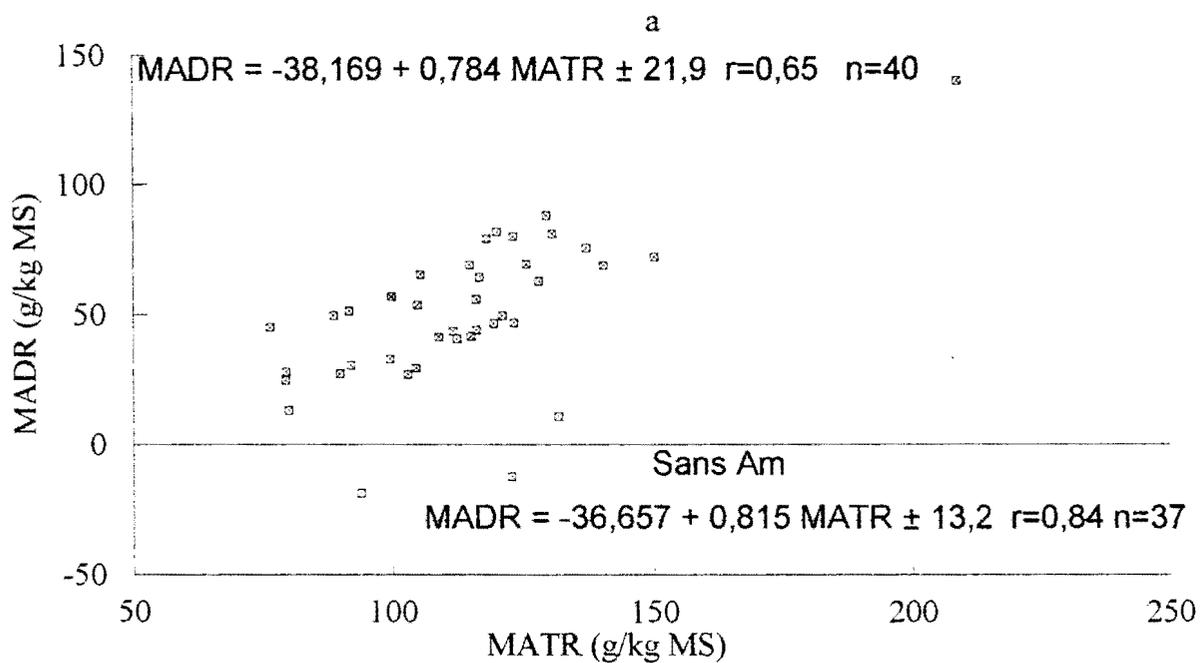
Ce résultat n'est que la confirmation des équations liant les teneurs en MAD et MAT dans chacun des cas : herbacées (graminées seules ou associées à des sous-produits) et ligneux (seuls ou associés à des herbacées). Les premières seraient plus digestibles à teneurs équivalentes dans la ration.

3- Prédiction de la valeur azotée

3.1- A partir de la composition chimique

Il existe une relation significative ($p < 0.001$) entre les deux fractions MAD et MAT des rations composées (graminées + ligneux) ou celles de ligneux (figures IX-7a et IX-7b).

Figure IX-7 : Relations entre les teneurs en matières azotées digestibles (MAD g/kg MS) et les teneurs en matières azotées totales (MAT g/kg MS) (a) des rations composées de foin et de ligneux (R) et (b) des fourrages ligneux (L).



Am = *A. machrostachya*

$$\text{MADR} = -38.169 + 0.784 \text{ MATR} \pm 21.9 \quad r = 0.65 \quad n = 40$$

$$\text{MADL} = -55.326 + 0.837 \text{ MATL} \pm 39.7 \quad r = 0.59 \quad n = 40$$

Ces relations s'améliorent si l'on fait une fois de plus abstraction des valeurs de feuilles d'*A. macrostachya*.

$$\text{MADR} = -36.657 + 0.815 \text{ MATR} \pm 13.2 \quad r = 0.84 \quad n = 37$$

$$\text{MADL} = -45.108 + 0.822 \text{ MATL} \pm 25.9 \quad r = 0.75 \quad n = 37$$

Les teneurs en MAD sont beaucoup plus fonction de celles non contenues dans l'ADF (MANADF) (figure IX-8), que des teneurs en MAT ($r = 0.71$ contre 0.59).

Les teneurs en MAND des ligneux ou des rations mixtes sont plus élevées que chez les herbacées. Elles sont significativement liées aux teneurs en MAADF ($r = 0.83$) et ne semblent pas dépendre des teneurs en lignine, en dépit de la liaison entre ces dernières et les teneurs en MAADF ($r = 0.58$).

Le test de Lucas est généralement utilisé comme un moyen de tester l'uniformité nutritionnelle d'un constituant chimique des aliments. Appliqué ici aux matières azotées des ligneux, on trouve pour la pente de l'équation, qui correspond théoriquement à la digestibilité réelle, un écart type d'estimation élevé de 9 et 12 points respectivement dans le cas des rations et des ligneux seuls, qui indique une non uniformité nutritionnelle, non uniformité trouvée aussi pour les espèces examinées séparément, à l'exception de *B. aegyptiaca*. Pour cette dernière, la digestibilité réelle estimée est de 87 p.100 et l'excrétion fécale métabolique en moyenne de 3.2 g/kg MS.

3.2- A partir d'une méthode enzymatique

La dégradabilité au temps 1 heure des matières azotées par la pronase (MAPRO) a pu être reliée aux MAD in vivo des ligneux (figure IX-9).

Figure IX-8 : Relation entre les teneurs en matières azotées digestibles des ligneux (MADL g/kg MS) et les teneurs en matières azotées non contenues dans l'ADF (MANADF g/kg MS)

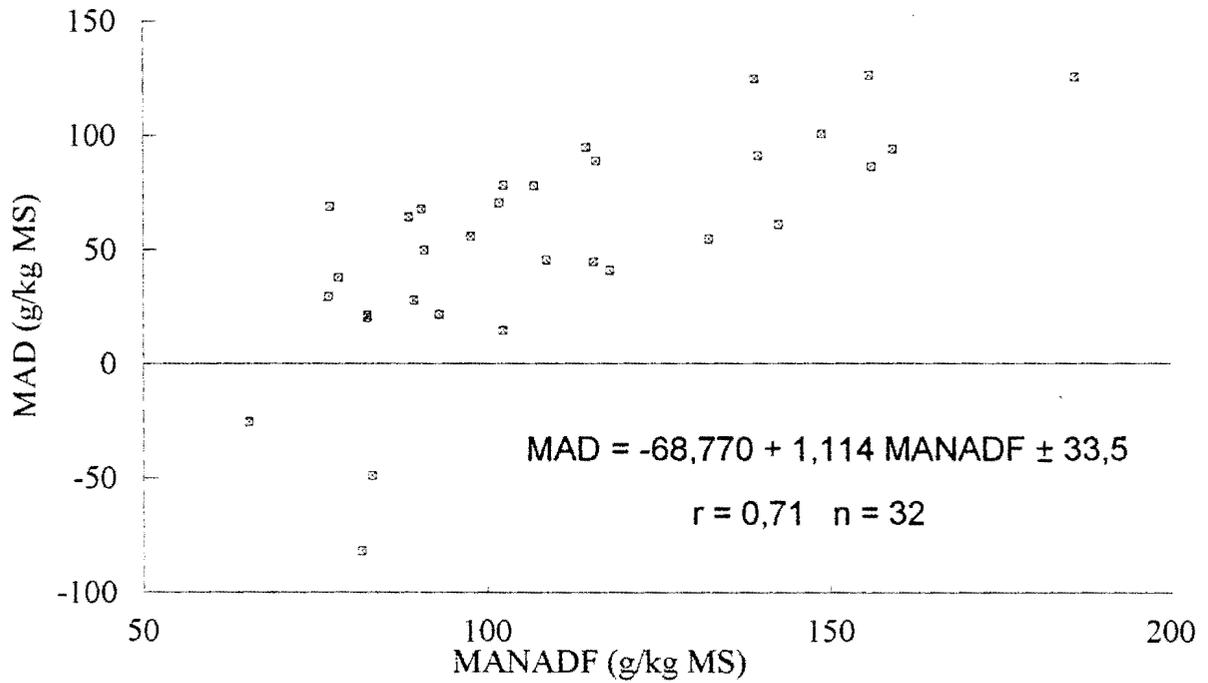
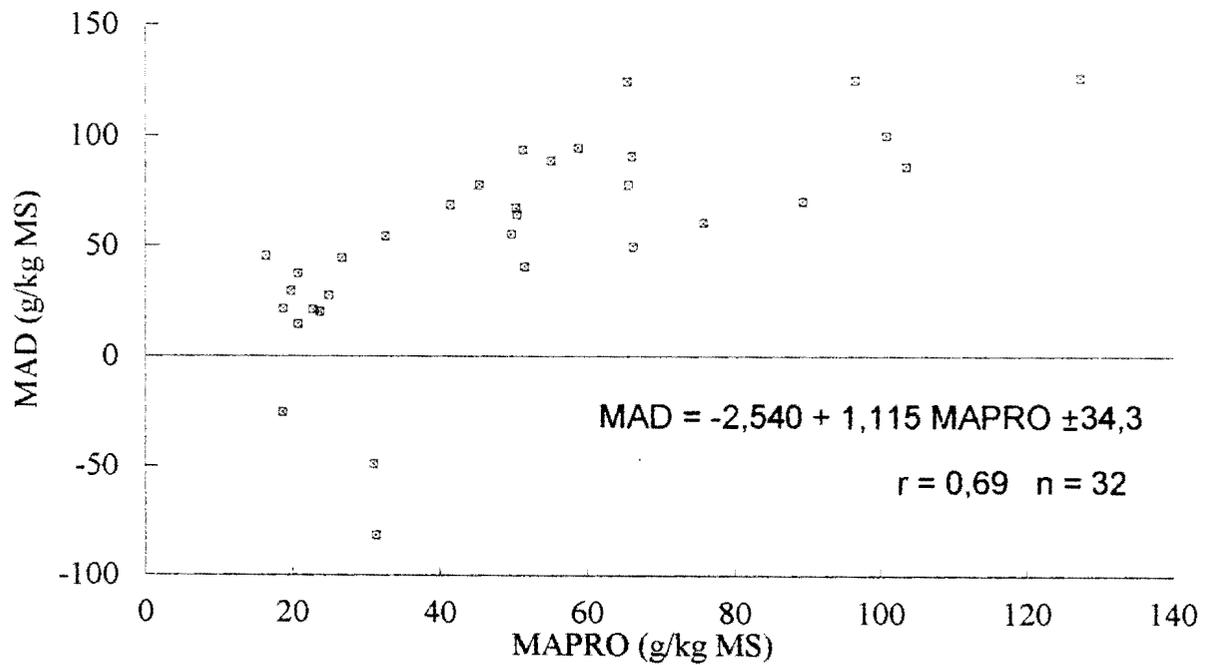


Figure IX-9 : Relation entre les teneurs en matières azotées digestibles (MAD en g) et en matières azotées dégradées par la pronase (MAPRO en g).



$$\text{MAD} = -2.540 + 1.115 \text{ MAPRO (g/kg MS)} \pm 34.33 \quad r = 0.69 \quad n = 32$$

La relation, bien que significative ($p < 0.05$ $r = 0.69$), laisse entrevoir une fois encore une grande disparité entre ligneux.

L'ETR de plus de 34 g/kg MS qui se réduit à 15 g/kg MS si l'on fait abstraction des feuilles de *A. macrostachya* ne permet pas une prédiction très fiable des MAD.

La solubilité par la pronase n'est pas dépendante des teneurs en MAT des rations, mais est reliée aux teneurs en MANADF ($r = 0.44$; ETR = 16.0 ; $p < 0.01$), et encore mieux à celles des MAADF ($r = -0.51$; ETR = 15.3 ; $p < 0.01$). Plus ces dernières sont élevées et plus la solubilité sera faible.

VI- EFFET DES TANINS

Les tanins précipitants ont été dosés sur les différents échantillons de ligneux. *B. aegyptiaca* en est pratiquement exempt à l'exception de 2 échantillons de teneurs faibles. Toutes les autres espèces en sont pourvues, avec des teneurs pouvant atteindre jusqu'à 78.3 g/kg MS chez *A. Macrostachya*.

On remarque que, pour une espèce donnée, les teneurs dans les gousses sont plus faibles que dans les feuilles, et les teneurs dans les gousses de *C. aculeatum* sont les plus faibles de tous les fruits (1.4 contre 5.8 et 33.4 g/kg MS respectivement pour les gousses de *A. albida* et *A. Macrostachya*).

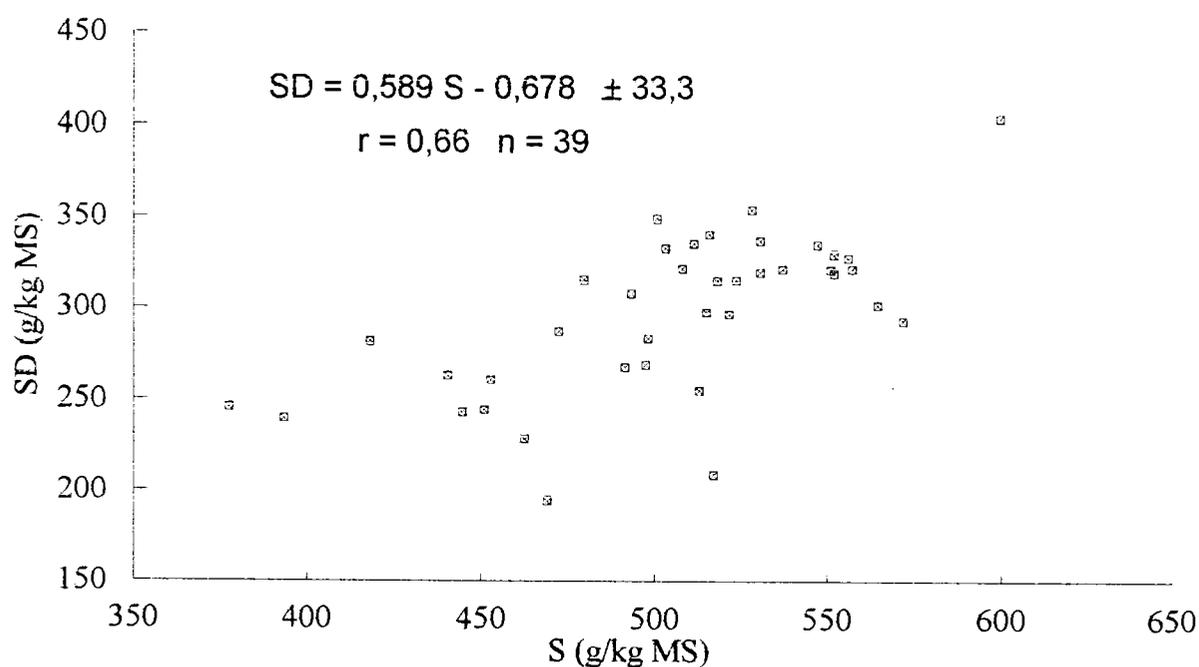
Les tanins sont réputés influencer de façon négative la valeur nutritive des ligneux, en réduisant les valeurs de digestibilités.

La teneur en tanins des échantillons étudiés est indépendante de celle en MAT, alors qu'elle est reliée positivement à la teneur en NDF ($r = 0.41$) et encore mieux à la teneur en matières azotées liées aux parois ($r = 0.68$; $p < 0.05$) (tableau IX-10).

Tableau IX-10 : Coefficients de corrélations (r) des relations liant différents paramètres de composition chimique et de digestibilité des ligneux.

	MAT	NDF	ADL	MAADF	MANADF	Tanins	MAADF et tanins	ADL et tanins	dMA
dMO	NS	-0,65	-0,45	-0,72		-0,68	-0,75	-0,75	
dNDF		-0,57	-0,45	-0,70		-0,65			
dMA	NS	-0,35	NS		0,45	-0,87			
MAD				-0,75	0,71				
MAPro (p.100 MAT)	NS	NS	NS	-0,51	0,44	-0,56			0,64
MAPro (g/kg MS)	0,64		NS	-0,43					0,67
MAND			NS	0,83		0,85	0,91		
NDFnd		0,88	0,60			0,60		0,80	

Figure IX-10 : Relation entre les constituants solubles digestibles (SD en g) et les constituants solubles totaux (S en g) des fourrages ligneux.



La DMA des ligneux évolue en sens inverse des teneurs en tanins ($r = -0.87$). Ces dernières expliquent autant que les MAADF, les variations des teneurs en MAND des fourrages ligneux ($r = 0.85$) (figure IX-6b).

La prise en compte de ces deux éléments conduit à une relation très significative ($p < 0.01$).

$$\text{MAND} = 16.194 + 1.748 \text{ MAADF} + 10.739 \text{ Tanins} \pm 17.34$$

$$r = 0.91 \quad n = 32$$

La digestibilité des parois est aussi négativement influencée par les teneurs en tanins ($r = -0.65$), ce qui conduit à une fraction NDFnd variant comme la teneur en tanins et en ADL des rations (tableau IX-10).

Il n'est donc pas étonnant que l'on retrouve un effet significatif ($p < 0.001$) des tanins sur la dMO des ligneux.

$$\text{dMO} = 61.677 - 3.358 \text{ tanins} \pm 7.5 \quad r = 0.68 \quad n = 32$$

Lorsque l'on examine la fraction soluble (1000 - NDF en g) des ligneux, on constate qu'il existe une proportion importante (22 à 42 p.100) non identifiée par les analyses chimiques classiques (MAT, cendres, MG). Cet indéterminé contiendrait une certaine quantité de glucides solubles et d'acides organiques (sans doute peu importante) et serait aussi constitué de composés secondaires de nature diverse, plus ou moins identifiés.

Lorsque le test de Lucas est appliqué à la fraction soluble (figure IX-10), on trouve une relation peu étroite : coefficient de corrélation faible ($r = 0.66$) et écart type de la pente de l'équation qui correspond théoriquement à la digestibilité réelle de cette composante élevée (11 points).

$$\text{SD} = 0.589 \text{ S} - 0.678 \pm 33.3 \quad r = 0.66 \quad n = 39$$

Ce qui veut dire que la digestibilité réelle de la fraction soluble des ligneux n'est pas constante mais varie, à l'instar des matières azotées, avec l'espèce et le stade phénologique du ligneux. Ce résultat contraste avec celui obtenu avec les herbacées que nous avons étudiées chez lesquels la digestibilité réelle était de l'ordre de 1.

Les constituants des fèces, solubles dans le détergent, ne sont donc pas essentiellement d'origine microbienne et endogène, mais comporteraient des constituants intracellulaires des ligneux.

DISCUSSION

Les ligneux ont comme avantage de pouvoir survivre et de produire une quantité importante de feuilles vertes à n'importe quelle période de l'année, notamment en saison sèche quand la production des herbacées est nulle. Leur capacité à fournir des aliments de valeur nutritive appréciable et à la conserver sur le cycle a été examinée dans ce chapitre.

Digestibilités de la matière sèche et de la matière organique et valeur énergétique des ligneux

*** Ses variations**

Nos résultats confirment que les ligneux ont des dMS et dMO faibles (Mc Leod 1973; Lambert et al. 1989(c); Koné, 1987; Fall, 1993), et généralement inférieures à celles des herbacées (Guérin et al., 1988; Akbar et Alam, 1991). Chez aucune espèce, la dMS n'est supérieure à 64 p.100, et 40% des échantillons étudiés ont une dMS inférieure à 50 p.100.

La dMO des gousses de légumineuses est supérieure à celle des feuilles de l'espèce, résultat en accord avec ceux de Latrille et al. (1971) et d'Ivory (1990), mais ce n'est pas le cas des fruits de *C. aculeatum*.

Les dMS et dMO diminuent avec la maturité du fourrage contrairement aux observations de Mc Leod (1973) et Wilson (1977) même si, selon l'espèce, comme l'ont aussi constaté Lambert et al. (1989(3)), elles restent constantes durant des périodes plus ou moins longues du cycle.

La vitesse d'évolution au cours du cycle des dMS et dMO des ligneux est moins rapide que chez les herbacées.

Une autre différence majeure entre ces deux groupes de fourrage réside dans la plus faible digestibilité des parois des ligneux, en accord avec différents auteurs (Bhallacharya, 1989; Arthun et al., 1992; Rafique et al., 1992), mais surtout que cette digestibilité est plus faible que la dMO, ce qui contraste fortement lorsque le parallèle est établi avec les herbacées.

Comme chez les herbacées, la dMO reste fortement liée à la dNDF et surtout à la teneur en parois totales non digestibles (NDFnd). La liaison est cependant beaucoup moins étroite que chez les herbacées parcequ'une fraction non négligeable et variable d'une espèce, d'un stade et d'un organe à l'autre, des constituants solubles des fèces est d'origine alimentaire.

Les teneurs en ADL, positivement corrélées à celles du NDF ($r = 0.56$), sont impliquées ($r = -0.45$) dans la faible digestibilité des parois (Van Soest, 1964) et sont en outre l'une des causes de la variation de la dMO constatée (Norton 1982), notamment des plus faibles valeurs enregistrées vers la fin du cycle des espèces.

*** Sa prédiction**

Ce sont les teneurs en parois des ligneux, comme cela a déjà été noté par certains auteurs (Lambert et al., 1989(3); Makkar et al., 1989; Backlung et Bellskog 1991), et non leurs teneurs en MAT (cas des herbacées étudiées) qui font varier la dMO ($r = -0.65$) avec la teneur en NDF) donc la dE de ces fourrages. Mais la dMO des ligneux dépend au moins autant de la teneur en tanins ($r = -0.68$) et de la teneur en MAADF ($r = -0.72$) cette dernière caractérisant certainement mieux l'influence négative des tanins et autres composés secondaires que la teneur en tanins précipitables elle-même (tableau IX-10). Il n'est donc pas étonnant que ce soient les teneurs en parois des fèces (NDFf et ADFf) qui soient les meilleurs prédicteurs de la dMO (tableau IX-7). Les teneurs dépendent en effet non seulement de la quantité de parois "vraies" indigestibles ingérées mais aussi de la quantité de matières azotées alimentaires non digestibles qui sont liées à ces parois.

Si la méthode de digestibilité par la pepsine cellulase donne une estimation raisonnable de la digestibilité *in vivo* de certaines espèces, elle peut conduire chez d'autres espèces à des erreurs d'estimation importantes.

Pour nos échantillons, la prédiction à partir des méthodes *in vitro* est plus précise avec la méthode enzymatique qu'avec celles utilisant du jus de rumen. Dans tous les cas, elle est moins précise avec les ligneux qu'avec les herbacées et il semblerait qu'il faille dans certains cas avoir recours à des standards provenant des espèces (McLeod, 1973; Newman et McLeod, 1973 cités par McLeod, 1973).

Valeur azotée des ligneux

*** Ses variations**

Chez les fourrages ligneux on constate des différences considérables de digestibilités des matières azotées selon les espèces, et ce, quelles que soient les teneurs. Ce fait est conforme aux résultats de précédentes études (Koné, 1987; Sankary et Ranjhan, 1989; Topps, 1992; Kamaltali et al., 1992).

C'est en effet pour les matières azotées que les plus grandes fourchettes de variation de digestibilité existent, et ce sont aussi les dMA qui constituent le facteur discriminant le plus significatif pour les différents facteurs (espèces, temps et organes).

Tanner et al. (1990) ont remarqué qu'une proportion non négligeable de graines était excrétée dans les fèces lors de l'ingestion des gousses de légumineuses (*Acacia*), ce qui correspondait à une perte importante de MAT. En dépit de ce fait, les dMA des gousses sont de loin supérieures à celles des feuilles de la même espèce, malgré des teneurs en MAT plus faibles dans les gousses.

A teneurs équivalentes en MAT, les MAT des ligneux ou des rations qui les composent sont moins digestibles que celles des herbacées en pure ou complémentés avec des sous produits.

Certaines espèces de ligneux ont cependant une dMA comparable à celle d'herbacées. C'est le cas de *B. aegyptiaca* dont les teneurs en MAND sont de 36.4 ± 3.8 . Fall (1993) trouve des teneurs du même ordre pour l'espèce (44 g) mais des teneurs

beaucoup plus fortes pour les feuilles et fruits de *A. albida* (181 et 70 g contre 87 ± 13 et 46 g) qui s'expliquent difficilement par le stade d'exploitation. Nos valeurs pour les feuilles de l'espèce sont plutôt proches de celles (91 g) données par Diagayété (1982 cité par Koné, 1987).

Quoi qu'il en soit, la plupart des ligneux se caractérisent par des teneurs en MAND élevées, variables selon l'espèce et, pour une espèce, selon le stade d'exploitation (tableau IX-8). Ce manque d'uniformité est la conséquence de digestibilités réelles des matières azotées variables car influencées par la présence de matières azotées liées aux parois (MAADF) par suite de la présence de tanins ou autres composés secondaires.

Reed et al.(1990) trouvent pour des aliments non tannifères une digestibilité réelle (86 p.100) identique à celle de *B. aegyptiaca*. Par contre, pour d'autres espèces de ligneux (3 *Acacia*) de digestibilité réelles plus réduites (52 à 84 p.100), ils notent une excrétion urinaire plus faible, liée pour particulièrement l'une d'elles (*Acacia seyal*), à une excrétion fécale beaucoup plus accrue.

*** Sa prédiction**

L'estimation des matières azotées disponibles des ligneux à partir de l'équation générale de prédiction à partir des teneurs en MAT serait erronée, pour ceux très tannifères dans la mesure où pour ces derniers la digestibilité vraie peut être sérieusement réduite entraînant de fait une absorption moins importante et donc une réduction de la disponibilité pour le métabolisme.

La méthode enzymatique est, elle aussi, d'application limitée eu égard à son erreur d'estimation. Cette méthode, qui permet cependant une hiérarchisation correcte des espèces et des organes, peut être conseillée pour un criblage des espèces.

Effet des composés secondaires

De nombreux arbres et arbustes à usages multiples des zones arides et semi-arides d'Afrique ont été reconnus contenir des composés phénoliques susceptibles d'influencer leur valeurs nutritives en limitant le rôle de source azotée qu'ils pourraient jouer en

complément aux herbacées ou aux fourrages grossiers de ces zones (Wilson et Harrington, 1980; Hill et al., 1987; Peterson et al., 1989; Reed et al., 1990).

Dans notre étude, la présence de tanins précipitants s'est traduite par un effet dépressif sur la DMA

Les tanins ont aussi influencé négativement, mais dans une moindre mesure, la digestibilité des parois et ont contribué avec les teneurs en ADL à augmenter la fraction NDFnd des ligneux ($r = 0.80$). Leur influence négative sur la dMO proviendrait d'une baisse de l'activité cellulolytique provoquée par l'inhibition des enzymes extra-cellulaires microbiens (suite à la formation de complexes enzymes-tanins), ou en partie aussi par une insuffisance de la disponibilité en azote dégradé dans le rumen (D'Mello, 1992).

Ces composés (proanthocyanidines insolubles et phénols solubles) influeraient sur l'analyse utilisant les détergents en augmentant les teneurs en lignine des fèces (Reed, 1986), ce qui expliquerait les valeurs de digestibilité fortement négatives que nous avons enregistrées pour ce constituant.

Les fourrages ligneux étudiés ont été distribués sous forme sèche. Le séchage des ligneux a toujours été selon Ivory (1990), une pratique des fermiers pour réduire ou résoudre les problèmes de palatabilité ou de toxicité. Ce mode de conservation est en effet susceptible d'inactiver certains tanins (Ahn et al., 1989) et de modifier quelque peu les valeurs d'utilisation par rapport au fourrage vert (Mahyuddin et al., 1988).

CONCLUSION

Les ligneux fourragers ne répondent pas de façon aussi nette aux lois d'évolutions ou de prédictions des digestibilités établies chez les herbacées. C'est ainsi que :

Les ligneux ont une digestibilité des différentes fractions de la matière sèche peu susceptible aux variations saisonnières du climat; les vitesses d'évolution au cours du cycle sont en effet assez faibles.

La fraction (S), soluble dans le détergent, de ces espèces a une utilisation réelle que très partielle, variable selon l'espèce et le stade phénologique.

Leur atout majeur réside dans leurs teneurs en MAT élevées; leurs dMA sont en moyenne supérieures à celles des herbacées surtout pendant la saison sèche. Elles sont cependant inférieures à ce qu'elles devraient être compte tenu des teneurs en matières azotées car leurs dMA sont limitées du fait qu'une fraction non négligeable des MAT est liée aux parois, par suite de la présence, chez certaines espèces, de tanins ou composés secondaires.

La digestibilité des parois des ligneux est plus faible que celle des herbacées, mais leur teneur en parois est aussi beaucoup plus faible de sorte que cette digestibilité plus faible n'est vraisemblablement pas la cause de l'ingestion éventuelle plus réduite de ces fourrages.

En se basant sur le fait établi par différents auteurs que l'ingestion volontaire et la teneur en tanins évoluent dans le même sens, l'ingestion des espèces telles que *Z. mauritiana* et *A. albida* risque d'être faible; celle de *A. macrostachya* devrait être la plus faible alors qu'on peut espérer de bonnes valeurs chez *C. aculeatum* et surtout *B. aegyptiaca*.

Ces deux dernières espèces ont par ailleurs des teneurs en MAD élevées variant respectivement de 124 à 64 g/kg MS (moyenne de 80 g) et 173 à 53 g/kg MS (moyenne 91 g), ce qui expliquerait qu'elles soient intensément exploitées au pâturage.

Certains animaux peuvent tolérer des teneurs en tanins condensés élevées grâce à la richesse de leur salive en proline qui complexe les tanins lors de la mastication ingestive. Cette protéine, mise en évidence chez certains ruminants sauvages (Robbins et al., 1987) et pas dans la salive des bovins et ovins, pourrait exister chez les caprins qui peuvent aussi consommer des quantités non négligeables d'aliments très tannifères.

La modification de l'écologie du rumen des animaux en vue de la réduction de l'effet néfaste des tanins est une solution plausible, mais complexe. On peut cependant dorénavant et déjà conseiller que les ligneux soient distribués après un mélange de plusieurs espèces, et qu'ils soient apportés en quantité limitée dans le cas de ceux tannifères, en association avec des graminées ou des fourrages grossiers.

LES
SOUS-PRODUITS

Tableau X-1a : Estimation des productions (1000 tonnes) des sous-produits agricoles : pailles de céréales et fanes de légumineuses (campagne 1989-1990).

	Résidus de céréales	Résidus de légumineuses
Total national	5920	165
Région nord soudanienne	3092	52

Tableau X-1b : Production (tonnes) des principaux sous-produits agro-industriels au Burkina Faso.

OLEAGINEUX		CEREALES		CANNE
Coton	Tourteaux arachide	Son de blé	Drèches industrielles	Mélasse
24500	465	6000	8700	10950

CHAPITRE X

VALEUR NUTRITIVE DES SOUS-PRODUITS AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS

Le système d'élevage sédentaire est celui prépondérant en zone soudanienne du Burkina Faso. Il est pratiqué par les agriculteurs et reste un système précaire pour beaucoup d'éleveurs par suite du manque de sécurité foncière dont souffrent ces derniers.

Le système sédentaire est basé sur l'exploitation du pâturage naturel et utilise les résidus de cultures issus de la ferme, auxquels s'ajoutent des sous-produits agro-industriels (SPA) selon les objectifs de production et les moyens financiers de l'exploitant.

Les sous-produits agricoles (SPA) sont constitués essentiellement des pailles de céréales et des fanes de légumineuses (arachide et niébé).

Les quantités de paille produites sont considérables (tableau X-1a). Ces résidus sont utilisés à des fins domestique, agronomique et animale (la plus importante). Ils constituent la base de l'alimentation des animaux de trait (ânes et boeufs) en saison sèche, et sont distribués seuls ou associés à d'autres SPA ou à des SPAI.

Les pailles de céréales sont - soit ramassées et stockées (sur des hangars) puis distribuées en l'état - soit destinées à une utilisation extensive sur le champ. C'est là qu'interviennent les contrats de pâture, jadis fréquemment passés entre agriculteurs et éleveurs, aujourd'hui en déperdition, qui permettaient aux animaux de bénéficier gratuitement des résidus de culture de l'agriculteur qui, en retour, profitait de l'enrichissement de ses terres par les déjections animales.

Dans un tel système, les pertes sont importantes : une grande proportion de paille est souillée par les déjections; la perte des parties les plus nutritives (feuilles) par le vent et le piétinement est aussi considérable, de même que celle occasionnée par les termites et les feux.

Les fanes de légumineuses sont toujours ramassées par l'agriculteur, utilisées par les animaux de l'exploitation ou commercialisées. Cette autre forme de valorisation procurerait dans certains cas un revenu équivalent à celui de la récolte principale.

Les SPAI constituent les compléments essentiels du pâturage, des SPA (pailles) et la quasi totalité des rations d'embouche.

Les lieux de production des SPAI sont pour la plupart localisés en zone sud soudanienne du pays. Le tableau X-1b donne, pour les principaux SPAI, les quantités totales produites. Il s'y ajoute :

- les graines de coton (156.000 t) dont 80 p.100 de la production est destinée aux huileries; les 20 p.100 restants iront à l'alimentation animale, une fois le quota des semences retiré.
- la drêche artisanale issue de la fabrication de bière de mil "dolo", qui constitue des tonnages considérables estimés à plus de 200.000 t de matière fraîche (à 18 p.100 MS), est totalement utilisée par les éleveurs de porcs et ruminants.
- La paille et le son de riz (800 t) rachetés par les unités d'élevage aux alentours des rizeries.
- Les sons de mil, maïs et sorgho produits par les innombrables moulins de villes et campagnes sont aussi destinés à l'alimentation animale.

Si l'intérêt des SPA et SPAI dans l'alimentation des ruminants domestiques n'est plus à démontrer, leur taux d'incorporation optimum au sein de rations reste à étudier. Il est donc indispensable de recueillir des données sur leur valeur nutritive, mais aussi sur les méthodes d'amélioration de leur conservation et utilisation.

Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la détermination de la composition chimique et de la digestibilité de quelques SPA : pailles de sorgho et de riz;

Tableau X-2 : Composition chimique (g/kg MS) des sous-produits agricoles et agro-industriels.

	Cendres	MAT	NDF	ADF	ADL	MG
Fanes d'arachide	98,2	132,2	418,5	342,9	51,9	
Pailles de riz	166,1	45,5	678,7			
Pailles de sorgho	69,6	17,6	716,0			
Mélasses	140,4	38,1	2,3	0		
Graines de coton	37,9	219,6	466,3	297,9	11,0	203
Tourteau de coton	73,9	405,4	307,9	182,7	50,5	27,7
Son de blé	54,1	168,2	418,1	320,4	31,3	39,7
Drêches	89,0	195,9	544,3	154,9	29,0	100,5

Tableau X-3 : Digestibilité (p.100) des constituants chimiques et teneurs en matières azotées digestibles (MAD en g) des sous-produits agricoles et agro-industriels.

	MS	MO	MA	NDF	ADF	ADL	MAD
Fanes d'arachide	66	72	72	62	60	-32	95
Paille de riz	50	55	26	57			12
Paille de sorgho	44	46	20	30			4
Mélasses	83	84	32	72			12
Graines de coton	53	56	69	45	22	-32	152
Tourteau de coton	72	74	62	67	47	-7	251
Son de blé	72	79	74	67	56	10	125
Son de maïs	86	88	61	57	58	-27	54
Drêches	68	74	74	70	54	20	141

fanés d'arachide et de SPAI : graines et tourteaux de coton; son de blé et de maïs; drêche de brasserie (SO.B.BRA); mélasse.

Le tourteau de karité a été introduit en faible proportion dans des rations de paille.

1- Composition chimique des sous-produits

Le tableau X-2 donne la composition chimique des sous-produits étudiés. Les pailles sont pauvres en MAT et riches en parois cellulaires. La structure très rigide de la paille de sorgho et sa grande taille limitent sa préhension, ce qui a justifié son hachage. Le tourteau de coton est le SPAI le plus riche en MAT, mais sa teneur en lignine est élevée, car il est obtenu à partir de graines entières.

En dehors de la mélasse et du son de maïs, les autres SPAI apportent au moins 170 g de MAT/kg MS.

2- Digestibilité des sous-produits

Les SPAI ont une dMO, donc une valeur énergétique, élevée. Celles de la drêche et du tourteau de coton sont équivalentes. Les valeurs sont plus faibles dans les graines de coton du fait des teneurs en matières grasses et de la proportion de coque (parois) élevées (tableau X-3).

Le tourteau et les graines de coton, la drêche et le son de blé peuvent constituer des suppléments azotés, leurs teneurs en MAD étant au moins égales à 125 g/kg MS.

Les 2 pailles ont été distribuées sur la base de 70 g MS/kg p0.75. Les taux de refus ont été plus élevés avec la paille de sorgho (44.4 %) que celles de riz (21.5 %), d'où une ingestion volontaire respective de 39 et 56 g MS/kg P0.75.

L'ingestion plus faible de la paille de sorgho s'accompagne d'une digestibilité plus réduite de la MS due essentiellement à celle des parois totales.

Les fanés d'arachide avec 95 g MAD constitueraient, au niveau de l'exploitation, de bons compléments aux pailles de céréales.

Tableau X-4 : Proportion (%) des sous-produits composants les différentes rations.

	Ration 1	Ration 2	Ration 3	Ration 4
Paille de sorgho non traitée (PS)		67		
Paille de sorgho traitée (PST)	100		67	67
Tourteau de karité mélassé (TKM)		22	33	22
Tourteau de coton (TC)		11		11

Tableau X-5 : Composition chimique (g/kg MS) et digestibilité (p.100) des rations de paille traitée et celles contenant du tourteau de karité.

	Composition chimique (g/kg MS)			Digestibilité (p.100)			
	MO	MA	NDF	MS	MO	MA	NDF
PS + TKM + TC	938,6	99,3	539,7	45	47	37	26
PST	933,4	57,2	857,4	66	64	40	75
PST + TKM	877,7	64,7	587,1	50	52	11	52
PST + TKM + TC	929,8	115,9	626,9	55	58	44	55

3- Utilisation du tourteau de karité

Du tourteau de karité a été initialement distribué à volonté à des ovins. Les animaux ont manifesté peu d'intérêt pour ce sous-produit que nous avons attribué à son goût amer et à sa texture pulvérulente.

L'ajonction de mélasse a raison de 60% (base MF) a permis de lever ces contraintes. Par la suite, le tourteau de karité mélassé (TKM) a été associé à 2 types de pailles de sorgho : une traitée à l'urée 4% (PST), et une autre non traitée (tableau X-4).

La composition chimique des rations distribuées et les valeurs de digestibilité sont données au tableau X-5. L'adjonction du TKM à la PST conduit à une réduction de la DMO et surtout de la DMA de la ration en dépit de l'augmentation des teneurs en MAT dans l'ingéré. La MAND passe de 34 g pour la PST à 58 g pour la ration PST - TKM.

L'apport d'un tiers de tourteau de coton (TC), en remplacement du TKM, entraîne une amélioration de la digestibilité des MA

(effet dû à celui du TC), mais l'effet négatif sur la digestibilité des parois est toujours très net.

On retrouve l'effet des substances anti-nutritionnelles, notamment les saponines (hétéropolyosides). Ces composés sont reconnus réduire la croissance des animaux.

L'utilisation en alimentation animale, même à des taux faibles, de ce sous-produit n'est donc pas à conseiller.

4- Complémentation des animaux au pâturage

L'évolution rapide de la composition chimique du tapis herbacé se traduit par une diminution des quantités totales ingérées et des digestibilités, suivie de pertes de poids quelquefois spectaculaires.

Le problème qui se pose est de pouvoir compenser le déficit (essentiellement protéique) et, à défaut d'obtenir une production continue, d'arriver à une stabilisation du poids des animaux jusqu'à la reprise de la végétation.

Figure X-1 : Evolution pondérale (kg poids vif) des ovins et caprins sur pâturage naturel au cours de la saison sèche.

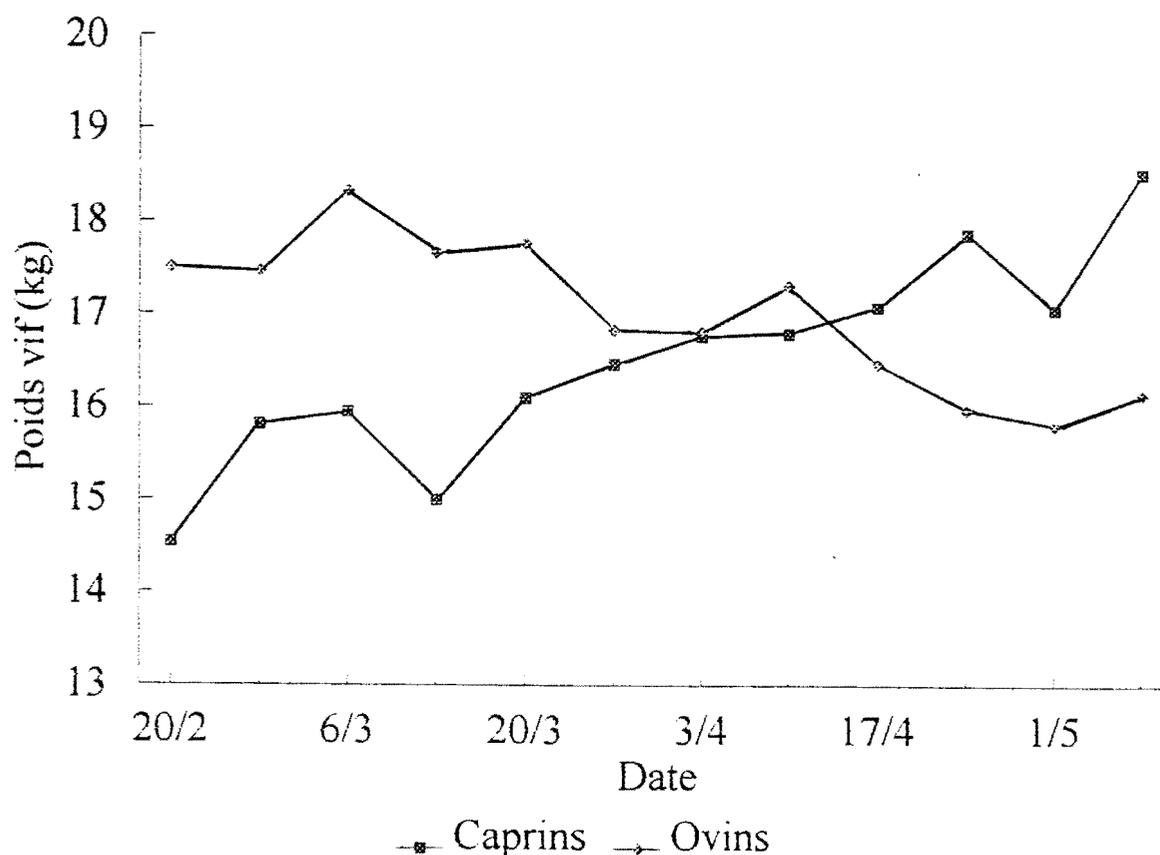


Tableau X-6 : Gain moyen quotidien (GMQ en g) de poids vifs, coût (en F. CFA) de la complémentation, et gain financier (en F. CFA), par rapport au témoin, des animaux recevant une complémentation en sous-produit.

	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
GMQ (g)	81	72	91	83
MS ingérée / jour (g)*	1400	285	425	525
Coût total de la complémentation (F.CFA)	294	599	893	1103
Prix de revient du gain de poids vif (F.CFA)	2381	2117	2675	2440
Gain financier / animal (F.CFA)	2087	1518	1782	1337

* Sauf drèche en matière fraîche

Les stratégies développées consistent soit en l'utilisation de réserves fourragères, soit en la complémentation avec des sous-produits.

Parmi ceux existants, le tourteau de coton nous paraît le mieux indiqué (valeur nutritive élevée; grande disponibilité quantitative).

Ainsi, 6 lots (1 de caprins et 5 d'ovins) de 8 animaux chacun sont soumis au pâturage naturel et complémentés ou non le soir avec du tourteau de coton (TC) et de la drêche fraîche (DF), suivant le schéma ci dessous :

Lot 1 caprins : pâturage naturel

Lot 2 ovins : pâturage naturel

Lot 3 ovins : pâturage naturel + 1.4 kg DF par animal = (DF)

Lot 4 " : " + 300 g TC " = (T300)

Lot 5 " : " + 450 g TC " = (T450)

Lot 6 " : " + 600 g TC " = (T600)

L'objectif visé est - d'apprécier la valeur nutritive du pâturage de saison sèche à travers l'évolution pondérale des animaux - et d'étudier si une faible complémentation se justifie parce que rentable et supportable par les petits exploitants.

Les caprins (GMQ = 52 g) s'adaptent mieux que les ovins au déficit de saison sèche (figure X-1). La perte de poids chez les ovins (en moyenne de 18 g par jour) s'accroît au cours de la saison.

L'ingestion de MS de fourrages tropicaux pauvres (Gihad, 1976), de ligneux (Wilson, 1977) ou de rations diverses (Blanchart et al., 1980; Antoniou et Hadjipanayioutou, 1985) est supérieure chez les caprins qui digèrent par ailleurs mieux les parois totales de ces fourrages (Gihad, 1976; Wilson, 1977; Devendra, 1975).

Mais les caprins sont surtout reconnus avoir un régime alimentaire intégrant plus de ligneux dont les teneurs en MAT élevées compenseraient le déficit azoté du tapis herbacé.

Dans le cas des animaux complémentés, les compléments utilisés ont permis une croissance des ovins au pâturage. Les GMQ pour DF, T300, T450, et T600 sont respectivement de 63; 54; 73 et 65 g et le gain en francs par rapport au témoin sur la base des quantités réellement ingérées sont respectivement de 2087; 1518; 1782 et 1337 F.CFA (tableau X-6).

Les ovins sur pâturage naturels soudaniens sont capables de prendre du poids en saison sèche pour peu qu'ils reçoivent une complémentation à coût de revient modéré. Avec le tourteau de coton, il n'est pas utile de dépasser le niveau T450.

CONCLUSION

Le Burkina Faso produit des tonnages non négligeables de sous-produits qui devraient pallier une part importante du déficit des pâturages et permettre des productions animales plus élevées que celles enregistrées jusque là.

Les pailles des céréales sont sous-exploitées. Leur stockage adéquat permettrait une réduction des pertes et leur distribution, sous forme hachée et complétement avec des sources azotées (urée; sous-produits), une augmentation des quantités ingérées et des digestibilités.

La production de certains sous-produits, tels que le son, les drêches ou les fanes, est totalement absorbée au niveau national. Les quantités distribuées sont cependant souvent peu rationnelles et dépendent plus des moyens financiers de l'éleveur que des performances souhaitées des animaux.

Pour ces produits, leur taux d'incorporation optimum dans les rations doit nécessairement être recherché.

Dans le cas de la mélasse, on assiste à une suspension de la disponibilité pour l'alimentation animale du fait d'un désaccord sur le tarif de commercialisation. 2000

tonnes sont distillées pour la production d'alcool, le reste (environ 9000t) est utilisé comme engrais dans les champs de canne à sucre ou épandu (bitumage) sur les routes de la société productrice, ce qui est plus que regrettable.

Le tourteau de coton est, lui, exporté à environ 95% de sa production, alors que sa teneur élevée en MAD pourrait compenser le déficit protéique ce qui aurait une incidence économique positive importante.

Il y a, de toute évidence, une absence de vraie politique commerciale dynamique qui devrait - créer une demande interne de ces sous produits au niveau de l'éleveur, en l'informant de leurs avantages, tout en initiant leur utilisation optimale - et arriver à une fixation des prix plus objective que celle basée surtout sur l'offre et la demande.

Il faudrait alors que l'incidence d'une complémentation (ne serait ce que minimale) sur les critères de productivité soit connue.

CONCLUSION GENERALE

La détermination de la biomasse, de la composition chimique des fourrages étudiés et de leur utilisation (ingestibilité - digestibilité) a permis une meilleure connaissance des espèces composant les pâturages naturels de la zone et a fourni des informations intéressantes pour une meilleure gestion des aires pâturées.

Cette étude révèle que :

* Les **critères de choix des espèces** - dépendent des objectifs spécifiques : accroissement de la matière sèche disponible et/ou apport nutritionnel bénéfique et **période d'exploitation** en vue de la préparation de réserves (foins) - et doivent intégrer obligatoirement le facteur pluviométrie.

* Des **différences importantes caractérisent les deux types de fourrages herbacées et ligneux** coexistant sur ces pâturages :

- Du point de vue **concentration en éléments nutritifs**. Les teneurs moyennes en MAT des graminées sont faibles ; celles des légumineuses élevées, mais la contribution spécifique de ces dernières sur les pâturages est très faible (entre 18 et 3 %).

Les graminées ont par ailleurs des teneurs en éléments minéraux (Ca, P) faibles, nécessitant une complémentation dès que l'on passe le stade tallage.

A l'inverse, ce sont les teneurs élevées en MAT et en minéraux (notamment P et Ca), et celles faibles en parois totales (NDF) qui caractérisent les ligneux fourragers.

- Du point de vue de l'**évolution des teneurs en éléments chimiques**, les ligneux sont moins susceptibles aux variations climatiques de la température et de la disponibilité en eau, alors que l'âge est un facteur de variation important de la composition chimique des herbacées, feuilles et surtout tiges des graminées, se manifestant par le biais de la modification de la composition morphologique.

Les teneurs des feuilles de graminées plus élevées en MAT et minéraux et plus faibles en parois que celles des tiges, et cela quel que soit le stade phénologique, permettent un apport plus substantiel en éléments nutritifs, grâce à la pâture sélective qu'effectuent les animaux.

Les différences importantes entre graminées et ligneux militent en faveur de leur association, qui est la meilleure forme d'utilisation de ces deux types de ressources fourragères.

* Sur les pâturages en zone soudanienne, les faibles productions animales constatées sont plus en relation avec un **apport qualitatif que quantitatif déficient**.

- Cet apport qualitatif déficient des graminées a été reliée à la faible digestibilité et surtout ingestibilité des espèces (1.9 fois plus variable) qui, de ce fait, conditionne plus la quantité de matière organique digestible ingérée (MODI).

Cette ingestibilité plus faible est à relier à une teneur en parois élevée, associée à un faible apport d'azote des graminées.

- La digestibilité des parois des ligneux est encore plus faible que celle des graminées, mais les teneurs en parois sont elles aussi beaucoup plus faibles, de sorte que l'ingestion plus faible des ligneux n'est vraisemblablement pas due à la faible digestibilité de leurs parois, mais dépendrait plutôt de facteurs d'inappétences et de certains composés secondaires, de teneur et nature diverses, que ces fourrages renferment.

* La connaissance de la composition chimique, des valeurs énergétiques et des quantités ingérées devrait permettre, dans une seconde étape, de **proposer une complémentarité adaptée aux performances souhaitées** des animaux, suivant le stade d'exploitation du fourrage.

- Des tonnages importants de sous-produits existent au Burkina Faso. Les SPA tels que les pailles sont sous-exploités par leur mode de conservation et surtout d'utilisation et les SPAI, en dehors du tourteau de karité, ont une valeur nutritive élevée, mais leurs incorporations optimum dans les rations restent encore à rechercher.

Le tourteau de coton, qui a les valeurs énergétique et azotée les plus élevées, est exporté à 95 %, alors que distribué, même en quantité faible, il a permis à des ovins pâturant en saison sèche des gains de poids, avec une incidence financière positive. Pour ce sous-produit il est temps de mettre en place une vraie politique commerciale dynamique.

- La complémentation peut aussi s'envisager avec des ligneux. En effet, *Balanites aegyptiaca* et *Combretum aculeatum* se sont révélés à certains stades d'une teneur en MAD élevée, comparable à celle du son de blé ou des drêches de brasserie.

* Pour ce qui est de la **prédiction de la valeur nutritive**, elle est généralement meilleure chez les herbacées que les ligneux.

- La composition chimique n'est pas un bon "prédicteur" de la digestibilité de l'énergie des herbacées et ligneux, et encore moins de l'ingestibilité des graminées. Les prédictions de dMO prenant en compte la composition chimique des fèces, CB chez les herbacées et ADF chez les ligneux, sont les meilleures.

- Pour ces fourrages, la dMO dépend plus des teneurs en parois totales non digestibles (NDFnd), mais une différence fondamentale entre herbacées et ligneux provient du fait que, contrairement aux herbacées, il existe beaucoup de constituants cellulaires dans les fèces lors de l'ingestion de ligneux. La digestibilité réelle de la fraction soluble S des ligneux varie ainsi avec l'espèce et le stade phénologique. Cette fraction contient une proportion importante de constituants indéterminés par les analyses chimiques classiques et qui doivent correspondre à des composés secondaires.

- La relation classique liant les teneurs en MAD et MAT est très précise chez les herbacées. Par contre, dans le cas des ligneux, son utilisation serait erronée dans le cas des aliments très tannifères. Les ligneux, en dépit de leurs teneurs élevées en MAT, ont des dMA quelquefois faibles, dues à une fraction non négligeable de matières azotées liée aux parois (MAADF) et aux tanins qu'ils renferment.

* Les méthodes de digestibilité in vivo sont lourdes; il serait de ce fait intéressant **d'utiliser des méthodes de laboratoire fiables et rapides** qui permettraient de s'affranchir des mesures in vivo.

- La méthode enzymatique utilisant une cellulase permet une meilleure prédiction que la composition chimique. Avec les ligneux, elle est même plus fiable que les méthodes utilisant du jus de rumen (Tilley et Terry; gaz test).

- Pour ce qui est de la valeur azotée, la dégradabilité à partir d'une pronase, si elle a permis une bonne discrimination des espèces et des organes des ligneux, reste d'application limitée pour la prédiction de la MAD.

Les études d'utilisation (ingestibilité, digestibilité) ont été menées avec des fourrages conservés (foins) dans l'optique qu'ils puissent pallier les effets de saisonnalité du climat. Pour de meilleures équations de prédictions, ces études devront concerner un **nombre plus important d'espèces et d'échantillons**. Elles devraient aussi concerner les **fourrages verts**, ce qui permettrait une meilleure appréciation du pâturage.

Les **méthodes rapides de laboratoires** doivent être poursuivies et d'autres plus modernes : proche infra rouge (NIRS) devront être envisagées; elles seraient d'un grand intérêt pour l'étude des pâturages naturels qui varient du point de vue composition chimique, dans le temps, et d'une année à l'autre.

Les études sur les ligneux devront être approfondies et il faudrait notamment déterminer pour ces types de fourrages, les **quantités consommables et réellement consommées**, pour juger de leur importance et intérêt réel.

Des informations sur les espèces fourragères intéressantes devront être disponibles, de façon à ce qu'elles soient intégrées aux **systèmes agro-forestiers**, pour lesquels une politique de mise en place est prônée.

BIBLIOGRAPHIE

ABATE A., WANYOIKE M.M., BADAMANA M.S., ABATE A.N., 1989. Towards improving animal production in the rangelands of Kenya. Proc. XVIth International Grassland Congress, Nice, France, p. 1613-1614.

ACHARD F., 1991. Utilisation de *Pennisetum pedicellatum* Trin. pour la production de foin à la station expérimentale de Gampéla, Burkina Faso. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 44(2), 239-245.

AHN J.H., ROBERTSON B.M., ELLIOTT R., GUTTERIDGE R.C., FORD C.W., 1989. Quality assessment of tropical browse legumes : Tannin content and protein degradation. An. Feed. Sc. and technol., 27, 147-156.

AII T., STOBBS T.H., 1980. Solubility of the protein of tropical pasture species and the rate of its digestion in the rumen. Anim. feed Sci. and technol., 5, 183-192.

AKBAR M.A., ALAM M.N., 1991. Effects of feeding mango (*Mangifera indica*) and Shaora (*Streblus asper*) tree leaves to Black Bengal goats of Bangladesh. Small Ruminant Research, 6, 25-30.

AKIN D.E., ROBINSON E.L., BARTON F.E., HIMMELSBACH D.S., 1977. Changes with maturity in anatomy, histochemistry, chemistry, and tissue digestibility of Bermudagrass plant parts. J. Agric. Food Chem., 25(1), 179-186.

AMIR P., 1989 - Economic aspects of using shrubs and trees fodders to feed farm animals. *In* : Shrubs and tree fodders for farm animals, Ed. C. Devendra, Ottawa, Ontario, Canada : IDRC, p. 331-339.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1989. Prediction of the digestible and metabolisable energy content of forages from their chemical composition and organic matter digestibility. Proc. XVIth International Grass Congress, Nice, France, p.875-876.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE E., WEISS Ph., 1981. Prévion de la valeur énergétique des foins. *In* Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants, I.N.R.A Publ., 1981, p. 119-127.

ANTONIOU T., HADJIPANAYIOTOU M., 1985. The digestibility by sheep and goats of five roughages offered alone or with concentrates. J. agric. Sci., Camb., 105, 663-671.

ANUGWA F.O.I., 1990. Feed intake, nutrient digestibility and nitrogen balance by sheep fed leaves of *Panicum maximum*, *Calapogonium mucunoides* and *ficus elasticoides*. Bull. of animal health and production in Africa. Vol 38 (2), 113-118.

ARBELOT B., 1993. Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrages ligneux tropicaux. DEA, Universités d'Aix Marseille II et III- INAPG, p.36

ARTHUN D., HOLECHEK J.L., WALLACE J.D., GALYEAN M.L. CARDENAS M., RAFIQUE S., 1992. Forb and shrub influences on steer nitrogen retention. *J. Range Manage.*, 45, 133-136.

ARTHUN D., HOLECHEK J.L., WALLACE J.D., GALYEAN M.L. CARDENAS M., RAFIQUE S., 1992. Utilisation of *ziziphus nummularia* leaves by three breeds of sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 20, 1137-1142.

ATTAT-KRAH A.N., 1989. Availability and use of fodder shrubs and trees in tropical Africa *In* : Shrubs and tree fodders for farm animals, Ed. C. Devendra, Ottawa, Ontario, Canada : IDRC, p. 140-162.

AUFRERE J., 1982. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages tropicaux par une méthode enzymatique. *Ann. Zootech.*, 31, 111-130.

AUFRERE J., GRAVIOU D., DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., EMILE J.C., GIOVANNI R., MAUPETIT P., 1992. Estimation of organic matter digestibility of whole maize plants by laboratory methods. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 36, 187-204.

BACKLUND M., BELLSKOG J., 1991. The role of trees and shrubs in livestock production in central Tanzania. A survey of their nutritive value during the dry season. *Two Minor Field Studies*.

BAILEY R.W., 1973. Structural carbohydrates. *In* Chemistry and biochemistry of herbage. Ed. by Butler G.W. and Bailey R.W., Academic Press, vol. 1, p. 157-211.

BARNARD S.A., VAN HEERDEN J.M., GERBER J.S., 1992. Evaluation of shrub species for sheep grazing in the strandveld of the cape west coast of South Africa. *U. of Grassland society of southern Africa*, 9 (3) 111-113.

BARNES T.G., BLANKENSHIP L.H., VARNER L.W., GALLAGHER J.F., 1991. Digestibilité of guafillo for white-taileoldeer; j; of range. *Manage.*, 44 (6), 606-610.

BARRY T.N., BLANEY B.J., 1987. Secondary compounds of forages. In J.B. Hacker and J.H. Ternouth (Editors), *The nutrition of herbivores*. Academic Press, Sydney, p. 91-119.

BARRY T.N., FORSS D.A., 1988. The condensed tannin content of vegetative *Lotus pedunculatus*, its regulation by fertilizer application and effect upon protein solubility. *J. Sci. Food. Agric.*, 34, 1047-1056.

BARRY T.N., MANLEY T.R., DUNCAN S.J., 1986. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. IV- Site of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. *Br. J. Nutr.*, 55, 123-137.

BATE-SMITH E.C., 1973. Haemanalysis of tannins : the concept of relative astringency. *Phytochemistry*, 12, 907-912.

- BAYER W., 1987. Browse quality and availability in a farming area and a grazing reserve in the Nigerian subhumid zone - Report to the Ilca subhumid zone programme - Kaduna, Nigeria.
- BHAGAVANDOSS M., SHANMUGHAM T.R., KATHAPERUMAL V., 1989. Rainfed perennial fodder grasses suitable for chegalputtu tract of tamil Nadu. Madras Agric. J., 76(11), 651-653.
- BHATTACHARYA A.N., 1989. Nutrient utilisation of acacia, haloxylon, and atriplex species by Nadji sheep. J. Range Manage., 42(1), 28-31.
- BICABA Z.M., BOSMA R.H., MACON G., SABA S.M., ZOUNDI S.J., 1986. Etude de la croissance compensatrice chez des zébus au Burkina Faso. Analyse comparative après divers degrés de sous-nutrition. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 39(3-4), 415-420.
- BILLE J.C., 1980. Mesure de la production primaire appelée des ligneux [rouge] p. 183-193.
- BILLE J.C., 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, N° 65, 81 p.
- BLAIR G.J., 1989. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. *In* : Shrubs and tree fodders for farm animals, Ed. C. Devendra, Ottawa, Ontario, Canada : IDRC, p. 2-9.
- BLANCHARD G., BRUN-BELLUT J., VIGNON B., 1980. Comparaison des caprins aux ovins quant à l'ingestion, la digestibilité et la valeur alimentaire de diverses rations. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 20(5B), 1731-1737.
- BLANCOU J., CALVETH, FRIOT D., VALENZA J., 1977. Composition du pâturage naturel consommé par les bovins en milieu tropical. Note sur une technique d'étude nouvelle. Colloque recherche sur l'élevage bovin en zone tropicale humide. Bouaké, Côte-d'Ivoire.
- BLAXTER K.L., WAINMAN F.W., WILSON R.S., 1961. The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.*, 3, 51-61.
- BODJI N.C., 1987. Les fourrages ligneux utilisés pour l'affouragement des ovins et des caprins en Côte-d'Ivoire. Valeur nutritive. Séminaire régional sur les Fourrages et l'alimentation des ruminants IRZ/IEMVT - N'Gaoundéré (Cameroun) 16-20 novembre 1987 (Etudes et Synthèses de l'IEMVT n° 30 : 777-788).
- BORENS F.M.P., POPPI D.P., 1990. The nutritive value for ruminants of Tagasaste (*chamaecystis palmensis*), a leguminous tree. *An. Feed. Sc. and Techno*, 28, 275-292.
- BOUDET G., 1975. Problèmes posés par l'estimation des capacités de charge d'un "pâturage naturel" tropical. *In* Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux. Actes du colloque de Bamako, Mali, CIPEA, Addis Abeba, Ethiopie, p. 265-267.

- BOUDET , 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères (4^e Ed révisée), MRECD/IEMVT, Paris 245 p.
- BOWDEN B., 1963. Studies on *Andropogon gayanus* KUNTH - II. An outline of the morphology and anatomy of *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* (Hochst.) Hack. J. Linn. Soc. (Bot.), 58, 509-519.
- BOWDEN B.N., 1963. Studies on *Andropogon gayanus* KUNTH. - I. The use of *Andropogon gayanus* in agriculture. Empire J. of Exper. Agric., 31(123), 267-273.
- BOWDEN B.N., 1964. Studies on *Andropogon gayanus* KUNTH - III. An outline of its biology. J. Ecol., 52, 255-271.
- BOYER J., 1986. Comportement hydrique de deux plantes fourragères cultivées au Sénégal (*Andropogon gayanus* et *Brachiaria brizantha*) en fonction des contraintes exercées par le milieu. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 39(3-4), 443-451.
- BOYER J., ROBERGE G., 1985. Etude écophysiological de la productivité de quelques graminées à hauts rendements fourragers cultivées au Sénégal - I. Influence des conditions matérielles d'exploitation sur les valeurs en matière sèche de la production sur pied et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Rev. Elev. Méd. vét. pays trop., 38(4), 320-338.
- BOYER J., ROBERGE G., FRIOT D., 1985. Etude écophysiological de la productivité de quelques graminées à hauts rendements fourragers cultivées au Sénégal - II. Variations de leur valeur fourragères en fonction du rythme d'exploitation et de la fumure minérale. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 38(4), 339-352.
- BREMAN H., WIT C.T., 1983. Rangeland productivity and exploitation in the sahel. Science, 221, 1341-1347.
- BREMAN H., CISSE A.M., DJITEYE M.A., ELBERSE W.Th., 1979/1980. Pasture dynamics and forage availability in the sahel. Israel J. of Botany, 28, 227-251.
- BRYANT J.P., REICHAROLT P.B., CLAUSEN T.P., 1992. Chemically mediated interactions between woody plants and browsing mammals - J. Range Manage, 45 (1), 18-24.
- BULDGEN A., DIENG A., DETIMMERMAN F., COMPERE R., 1991. La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* KUNTH var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise - 5. Paramètres d'exploitation du pâturage par un troupeau de bovins. Bull. Rech. Agron. Gembloux, 26(4), 455-469.
- BURRIT E.A., MALECHEK J.C., PROVENZA F.D., 1987. Changes in concentrations of tannins, total phenolics crude protein, and in vitro digestibility of browse due to mastication and insalivation by cattle. J. of Range Manage., 40 (5), 409-411. COOPER S.M.,

- BUTTERWORTH M.H., 1964. The digestible energy content of some tropical forages. *J. agric. Sci.*, 64, 319-321.
- BUTTERWORTH M.H., 1965a. Some aspects of utilization of tropical forages - 1. Green elephant grass at various stages of growth. *J. agric. Sci.*, 65, 233-239.
- BUTTERWORTH M.H., 1965b. Some aspects of utilization of tropical forages - 2. Pangola and coastal Bermuda hays. *J. agric. Sci.*, 65, 389-395.
- BUTTERWORTH M.H., 1967. The digestibility of tropical grasses. *Nutrition Abstracts and Reviews.*, 37 (2), 349-351.
- BUTTERWORTH M., ARIAS P.J., 1965. Nutritive value of Elephant grass cut at various ages. Proc. IXth. International Grassland Congress, Sao Paulo, Brésil, 5-20 janvier 1965, p. 899-901.
- BUTHERWORTH M.H., BUTHERWORTH J., 1965. Some aspects of the utilization of tropical forages. 2- *Pangola* and costal *Bermuda* hays. *J. Agric. Sci.*, 65, 389-395.
- BUTTERWORTH M.H., DIAZ J.A., 1970. Use of equations to predict the nutritive value of tropical grasses. *J. Range Manag.*, 23, 55-58.
- CAREW B.A.R. 1983. *Gliricidia sepium* as a sole food for small ruminants. Technical notes. Centre International pour l'élevage en Afrique, Ibadan, Nigéria.
- CAREW B.A.R., MOSI AK., MBA A.V., EGBUNIKE G.N., 1980. Potentiel des fourrages ligneux dans l'alimentation des petits ruminants en zone forestière humide et en savane secondaire au Nigéria. In le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p. 301-305.
- CARLIER L.A., COTTYN B.G., AERTS J.V., 1976. Apparent and true digestibility of the Weende components, cell content and cell wall of ryegrass. *An. Feed Sc. and Technol.*, 1, 607-617.
- CESAR J., 1981. Cycle de la biomasse et des repousses après coupe en savane de Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Med. vét. Pays trop.*, 34(1), 73-81.
- CESAR J., 1982. Contribution à l'étude de la composition floristique des savanes exploitées par coupe. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 33(4), 407-416.
- CHAKRABORTI N., MANDAL L., BANERJEE G.C., 1988. Chemical composition of some common tree leaves. *Indian veterinary journal.*, 65 (2), 145-149.
- CHAUDHARY J.L., TAPARIA A.L., 1990. Utilization of ingadulcis (*Pithecellobium dulce*) and babul (*Acacia nilotica*) leaves by goats. *Indian J. of Ani. nutrition*, 7 (1), 41-44.

- CHENOST M., 1973. La valeur alimentaire de quatre graminées et d'une légumineuse tropicales et ses facteurs de variation. *Fourrages*, 54, 87-108.
- CHENOST M., 1975. La valeur alimentaire du Pangola (*Digitaria decumbens Stent.*) et ses facteurs de variation, en zone tropicale humide. *Ann. Zootech.*, 24(3), 327-349.
- CHIA. H., YEH. T.P., 1965. Chemical composition of pangola grass in relation to its maturity. Proc. IXth International Grass Congress, Sao Paulo, Bresil, 5-20 janvier 1965, p.797-799.
- CHIQUETTE J., CHENG K.J., COSTERTON J.W., MILLIGAN L.P., 1988. Effect of tannins on the digestibility of two isosynthetic strains of birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus L.*) using in vitro and in sacco techniques. *Can. J. Anim. Sci.*, 68, 751-760.
- CISSE M.I., 1980. Production fourragère de quelques arbres sahéliens : relations entre la biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. *In* : le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abéba (ETH) ; 08-12 /8/ 80, CIPEA, p. 203-208.
- CISSE M.I., BREMAN H., 1980. Influence de l'exploitation sur un pâturage à *Andropogon gayanus* KUNTH. var. *tridentatus*. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 33(4) 407-416.
- COLOMER S.J., PASSERA C.B., 1990. The nutritional value of *Atriplex* spp on fodder for arid regions. *Journal of Arid Environments*. 19 (3), 289-295.
- CONDE A.R., GARCIA J., SANTOS G., 1984. Influence of harvest date and storage period, under ambient condition, on seed quality of *Andropogon gayanus*. *Pesquisa em Andamento, Emgopa*, 7, 8p.
- COOPER S.M., OWEN-SMITH N., 1985. Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in South African savanna. *Oecologia(Berlin)*, 67, 142-146.
- COPPOCK D.L., REED J.D., 1992. Cultivated and native browse legumes as calf supplements in Ethiopia *J. of Range Manage.*, 45, 231-238.
- CORDERO M.J., OLIVEROS M., 1983. Effect of storage conditions on the germination of *Andropogon gayanus* seeds. *Agronomia Tropical*, 33(1), 177-189.
- CRAIG G.F., BELL D.T., ATKINS C.A., 1991. Nutritional characteristics of selected species of *Acacia* growing in naturally saline areas of Western Australia. *Aust. J. Exp. agric.*, 31, 341-345.
- D'MELLO J.P.F., 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Anim. Feed Sci. and technol.*, 38, 237-261.

- DAGET Ph., POISSONET J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22(1), 5-41.
- DE RIDDER N., 1991. La productivité végétale potentielle et actuelle. *In* Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Ed. Karthala, ACCT, Carbo-DLO et CTA, 1991, p. 23-61.
- DEINUM B., DIRVEN J.G.P., 1972. Climate, nitrogen and grass. 5- Influence of age, light intensity and climate on the production and chemical composition of Congo grass (*Brachiaria zuzizensis* Germain et Everard). *Neth. J. agric. Sci.*, 20, 125-132.
- DEINUM B., DIRVEN J.G.P., 1975. Climate, nitrogen and grass. 6. Comparison of yield and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures. *Neth. J. agric. Sci.*, 23, 69-82.
- DEINUM B., DIRVEN J.G.P., 1976. Climate, nitrogen and grass. 7- Comparison of production and chemical composition of *Brachiaria ruzizensis* and *Setaria spaelata* grown at different temperatures. *Neth. J. agric. Sci.*, 24, 67-78.
- DEMARQUILLY C., 1982. Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. *In* : Action du climat sur l'animal au pâturage, I.N.R.A. 1892., p.
- DEMARQUILLY C., 1989. The feeding value of forages. Proc XVIth International Grassland Congress, Nice, France, p. 1817-1823.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1987. Digestibilité et ingestibilité des fourrages verts chez le mouton : effet respectifs du niveau d'alimentation et de l'âge ou du poids des animaux. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 27(1B), 281-282.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1987. Prévion de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire. *In* : C. Demarquilly (Ed), Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation, I.N.R.A, Paris, 1987, p. 243-275.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., WEISS Ph., 1981. L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa prévion. *In* Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants, I.N.R.A. Publ., 155-167.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., 1969. Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon; liaisons avec la valeur alimentaire. *Ann. Zootech.*, 18(4), 419-436.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., GIGER-REVERDIN S., 1995. Nutrition des ruminants domestiques- Ingestion et digestion, chp 17, Pertes fécales et digestibilité des aliments et des rations. Sous presse.

DEMARQUILLY C., GRENET E., ANDRIEU J., 1981. Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages. *In* Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, I.N.R.A. Publ., 1981, p. 129-154.

DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1974. The comparative nutritive value of grasses and legumes. *In* :Quality of herbage, Växtodling 28, 33-41.

DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1981. Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. *In* : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, I.N.R.A. Publ., 1981, p. 41-59.

DEMARQUILLY C., WEISS P., 1970. tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. Etudes SEI, 42, Versailles INRA, 64 p.

DEMARQUILLY C., XANDE A., CHENOST M., 1978. Composition et valeur nutritive des fourrages tropicaux. *In* Alimentation des ruminants, INRA Publ., 1978, 597p.

DEVENDRA C., 1975. The intake and digestibility of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) at four, five, and six weeks of growth by goats and sheep in Trinidad. Turrialba, 25(3), Trimestre julio-setiembre, 226-231.

DIAGAYETE M., SCHENKEL H., 1986. Composition minérale des ligneux consommés par les ruminants de la zone sahéenne. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 39 (3-4), 421-424.

DIENG A., BULDGEN A., COMPERE R., 1991(a). La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* KUNTH var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise - 3. Influence du système d'exploitation sur la production de fourrage. Bull. Rech. Agron. Gembloux, 26(3), 337-349.

DIENG A., BULDGEN A., COMPERE R., 1991(b). La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* KUNTH var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise - 4. Composition chimique et valeur alimentaire du fourrage. Bull. Rech. Agron. Gembloux, 26(3), 351-366.

DRUDI A., FAVORETTO V., REIS R.A., 1986. Influence of frequency and cutting height on some regrowth characteristics of *Andropogon* grass. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 21(4), 409-416.

DUGMORE T.J., TOIT J. H., 1988a. The nutritive value of the leaves and pods of *Acacia tortilis*. S. Afr. J. Anim. Sci. 18 (1), 53-54.

DUGMORE T.J., TOIT J.H., 1988b. The chemical composition and nutritive value of Kikuyu pasture. S.-Afr. Tydskr. Veek., 18(2), 72-75.

DULPHY J.P., 1987. Prévision de l'ingestibilité des foin chez le mouton à partir de leur teneurs en parois. Reprod. Nutr. Dévelop., 27(1B), 193-194.

- EPSSE, 1991. Etude prospective du sous-secteur Elevage au Burkina Faso. IEMVT-CIRAD/SFC, SEDES-CEGOS, 281 p. + annexes.
- ESECHIE H.A., 1992. Distribution of chemical constituents in the plant parts of six tropical-origin forage grasses at early anthesis. *J. Sci. Food Agric.*, 58, 435-438.
- EVANS E.M., HACKER ., 1992. An evaluation of the production potential of six tropical grasses under grazing. 2- Assessment of quality using variable stocking rates. *Aust. J. Exp. Agric.*, 32, 29-37.
- EVANS E.M., POTTER J.F., 1984. The reproductibility of in vivo estimates of digestibility and voluntary digestible organique matter intake of grass varieties by sheep. *Grass and Forage Science*, 39, 101-106.
- EVERITT J.H., GAUSMAN H.W., 1986. Fertilization effects on the phosphorus content of browse species. *J. of Range Manage.*, 39 (3) 231-232.
- EYS van J.E., MATHIUS I.W., PONGSAPAN P., JOHNSON W.L., 1986. Foliage of the tree legumes *Gliricidia*, *Leucaena* and *Sesbania* as supplement to napier grass diets for growing goats. *J. agr. Sci., Camb.*, 107, 227-233.
- FALKOWSKI M., ROGALSKI M., KOZLOWSKI S., KUKULKA I., 1984. Changes in palatability and quality of pasture plants in relation to the course of weather. *In The impact of climate on grass production and quality*, p. 392-396.
- FALL S.T., 1991. Digestibilité *in vitro* et dégradabilité *in situ* dans le rumen de ligneux fourragers disponibles sur pâturages naturels au Sénégal. Premiers résultats. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 44(3), 345-354.
- FALL T.S., 1993. Valeur nutritive des fourrages ligneux. Leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse Doct., ESA de Montpellier, 139 p.
- FARIA M.J., ARRIOJA I., CHACON E., BERROTERAN J., CHACIN F., 1987. The effect of cutting heigt and nitrogen application on the growth of *Andropogon gayanus*. *Pasturas Tropicales*, 9(3), 2-8.
- FONTES J., 1989. Essais cartographiques de la végétation par télédétection; quelques exemples pris en Haute-Volta. Thèse Doct. 3° cycle, Univ. Toulouse III, 175 p.
- FORWOOD J.R., OWENSBY C.E., 1985. Nutritive value or tree leaves in the Kansas Elint Hills. *J. of Range Manage.*, 38 (1) , 61-64.
- FOURNIER A., 1990. Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Paris VI, 312 p.

- FOURNIER A., LAMOTTE M., 1983. Estimation de la production primaire des milieux herbacés tropicaux. Ann. Univ. d'Abidjan, serie E, 16, 7-38.
- GARDENER C.J., MEGARRITY R.G., Mc LEOD M.N., 1982. Seasonal changes in the proportion and quality of plant parts of nine Stylosantes lines. Aust. J. Exp. Anim. Husb., 22, 391-401.
- GARTLAN J.S., McKEY D.M., WATERMAN P.G., MBI C.N., STRUHSAKER T.T., 1980. Biochem. Syst. Ecol 9, 401-422.
- GASTON A., 1976. Travaux phytoécologiques en relation avec la lutte contre *Quelea-Quelea*. Bilan de quatre années. Rapport final IEMVT, Maisons Alfort, 203 p + 2 cartes.
- GIHAD E.A., 1976. Intake, digestibility and nitrogen utilisation of tropical natural grass hay by goat and sheep. J. Anim. Sci., 43(4), 879-883.
- GODRON 1968., Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Principe et transcription sur cartes perforées. CNRS, Paris, 263 p.
- GONZALEZ Y., TORRIENTE O., 1985. Effect of storage on germination of seed of *Andropogon gayanus* cv. 621. Pasto y Forrajes, 8(2), 215-226.
- GOTO I., MINSON D.J., 1977. Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay. Anim. Feed Sci. and Technol., 2, 247-253.
- GRIEVE C.M., OSBOURN D.F., 1965. The nutritional value of some tropical grasses. J. agric. Sci., 65, 411-417.
- GROF B., 1981. The performance of *Andropogon gayanus*-legume associations in Colombia. J. agric. Sci. Camb., 96, 233-237.
- GROUZIS M., 1988. Structure, productivité et dynamique des système écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM. Etudes et Thèses, Paris, 336 p.
- GROUZIS M., SICOT M., 1980. Une méthode d'étude phénologique de population d'espèces ligneuses sahélienne : Influence de quelques facteurs écologiques. In le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p 231-237.
- GUERIN H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse Doct. Ing. ENSA de Montpellier, 221p.

- GUERIN H., FRIOT D., MBAYE Nd., RICHARD D., DIENG A., 1988. 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., 41 (4), 427-440.
- GUERIN H., RICHARD D., FRIOT D., MBAYE N., 1986. Les choix alimentaires des bovins et ovins sur pâturages sahéliens. Reprod. Nutr. Dévelop., 26(1B), 269-270.
- GUERIN H., RICHARD D., FRIOT D., MBAYE N., KONE A.R., 1988. Intérêt du dosage de la lignocellulose (ADF) et de différentes fractions azotées pour prévoir la valeur nutritive des fourrages naturels sahéliens. Reprod. Nutr. Dévelop., 28 Suppl. (1), 111-112.
- GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute - Volta. Thèse Doct. es-sc. Nat. Univ. Bordeaux III, 318p + annexes.
- GUINKO S., 1991. Etude sur le rôle des *Acacia* dans le développement rural au Burkina Faso et au Niger. FAO, Ouagadougou, 49 p.
- GUINKO S., ZOUNGRANA I., 1987. Etude agrostologique de la forêt classée de Toumousséni, province de la Comoé. FAO, Ouagadougou 46 p.
- GUINKO S., ZOUNGRANA I., ZOUNGRANA C., 1989. Etude des pâturages de la région de la mare d'Oursi, Burkina Faso. FAO, Ouagadougou, 51 p. + 1 carte.
- GUPTA P.C., PRADHAN K., 1975. A note on the comparative nutritive value of legume and non-legume forages. Indian J. Anim. Sci., 45(5), 290-291.
- GUTIERREZ A., PARETAS J.J., DELGADO D., RIVERO R., JUAN R., 1988. New grass and legume cultivars for soils of low fertility. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Pastos y Forrajes, 11(2), 41-52.
- HACKER J.B., MINSON D.J., 1981. The digestibility of plant parts. Herbage Abstracts, 51(9), 459-482.
- HAGGAR R.J., 1969. Use of companion crops in grassland establishment in Nigeria. Exp. Agric., 5, 47-52.
- HAGGAR R.J., 1970. Seasonal production of *Andropogon gayanus* - Seasonal changes in yield components and chemical composition. J. agric. Sci. Camb., 74, 487-494.
- HAGGAR R.J., 1975. The effect of quantity, source and time of application of nitrogen fertilizers on the yield and quality of *Andropogon gayanus* at Shika, Nigeria. J. agric. Sci., Camb., 84, 529-535.

- HAGGAR R.J., AHMED M.B., 1970. Seasonal production of *Andropogon gayanus* - II. Seasonal changes in digestibility and feed intake. J. agric. Sci., Camb., 75, 369-373.
- HAGGAR R.J., AHMED M.B., 1971. Seasonal production of *Andropogon gayanus* - III. Changes in crude protein content and in vitro dry-matter digestibility of leaf and stem portion. J. agric. Sci., Camb., 77, 47-52.
- HAILE A., 1984. Effect of stage of maturity of forage oats on crude protein content and dry-matter yield. J. agric. Sci., Camb., 102, 251-252.
- HAN K., KIM D.A., PARK S.H., 1970. Seasonal changes of chemical composition and of dry matter digestibility of Korean native herbage plants. Proc. XIth. International Grassland Congress, Surfers Paradise, Australia, p. 92-95.
- HANLEY T.A., ROBBINS C.T., HAGERMAN A.F., Mc ARTHUR C., 1992. Predicting digestible protein and digestible dry matter in tannin-containing forages consumed by ruminants. Ecology, 73 (2), 537-541.
- HARRINGTON G.N., WILSON A.D., 1980. Méthodes de mesure de la production secondaire de fourrages ligneux. In le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p. 253-257.
- HAZRA C.R., SINGH K., 1990. herbage productivity of Dinanath grass-legume intercropping under rainfed conditions at various agro-climatic locations. Range Manage. and Agroforestry, 11(2), 171-176.
- HILL G.R., UTLEY P.R., NEWTON G.L., 1987. Dietary urea influences on digestibility and utilization of diets containing peanut skins by steers. J. Anim. Sci., 64, 1-7.
- HOWE J.C., BARRY T.N., POPAY A.I., 1988. Voluntary intake and digestion of gorse (*Ulex europaeus*) by goat and sheep. J. of Agri. Sci. UK., 111 (1) 107-114.
- I.E.M.V.T., 1988. Atlas sur l'Elevage et les potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques BURKINA. C.T.A./IEMVT, 28 p.
- IBRAHIM M.N.M., TAMMINGA S., ZEMMELINK G. 1988. Ruminant feeding systems utilizing fibrous agricultural residues. Canberra, Australia ; International Development program of Australian p. 137-149.
- ILCA, 1984. Livestock research and food production in Africa. ILCA. Annual Report, 1984. Addis Ababa, Ethiopia.
- INNES R.R., MABEY G.L., 1964. Studies on browse plants in Ghana. 1 Chemical composition : (a) Monthly chemical analyses of seven species of trees, shrubs and vines browsed by free. Ranging cattle on the Accra plains. Emp. J. Exp. Agri., 32, 114-124.

INRA, 1978. Alimentation des ruminants, Versailles, INRA Publications, 597 p.

INRA, 1989. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Versailles, INRA publications, 471p.

IVOR J.G., 1981. Seasonal changes in growth, dry matter distribution and herbage quality of three native grasses in northern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Husb., 21, 600-609.

IVORY D.A., 1989. Major characteristics, agronomic features, and nutritional value of shrubs and tree fodders. *In* Devendra Ed. Shrubs and tree fodder for farm animal. Proc. Workshop Denpasar, Indonesia, p. 22-38.

JARRIGE R., 1963. Les constituants membranaires des plantes fourragères. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 3, 143-190.

JARRIGE R., 1965. The composition of sheep faeces and its relation to forage digestibility. Proc. IXth International Grassland Congress, Sao Paulo, Bresil, 5-20 janvier 1965, p. 809-814.

JARRIGE R., 1980. Chemical methods for predicting the energy and protein value of forages. Ann. Zootech., 29 hors serie, 229-323.

JARRIGE R., MINSON D.J., 1964. Digestibilité des constituants du ray-grass anglais S24 et du dactyle S37, plus spécialement des constituants glucidiques. Ann. Zoot., 13(2), 117-150.

JEFFERY H., 1971. The relation between various energy parameters, chemical composition and digestibility of some pasture swards in a subtropical environment. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 11, 397-402.

JOHNSON W.L., HARDISON W.A., ORDOVEZA A.L., CASTILLO L.S., 1968. The nutritive value of *Panicum maximum* (guinea grass) - III. Factors affecting voluntary intake by cattle and water buffaloes. J. agric. Sci. Camb., 71, 67-71.

JOHNSON W.L., GUERRERO J., PEZO D., 1973. Cell-wall constituents and *in vitro* digestibility of Napier grass (*Pennisetum purpureum*). J. Anim. Sci., 37(5), 1255-1261.

KALMBACHER R.S., 1983. Distribution of dry matter and chemical constituents in plant parts of four Florida native grasses. J. of Range Manage., 36(3), 298-301.

KAMATALI P., TELLER E., VANBELLE M., COLLOGNON G., FOULON M., 1992. *In situ* degradability of organic matter, crude protein and cell wall of various tree forages. Anim. Prod., 55, 29-34.

KAWAMURA O., TANAKA S., MIAKI T., 1985. The digestibility, intake and rumen fermentation by sheep of some tropical grasses in Japan. Proc. XVth International Grassland Congress, Kyoto (Japan), p. 1034-1036.

- KELLAWAY R.C., 1969. The estimation of digestible energy intake from forages by ruminant. *Aust. J. Exp. Agric. and Husb.*, 9, 578-583.
- KONE A.R., 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique occidentale : Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI - IEMVT ; 205 p.
- KONE A.R., GUERIN H., RICHARD D., 1987. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants IRZ/IEMV. N'Gooundéré (Cameroun) - 16-20 nov. 1987 (Etudes et synthèses de l'IEMVT n° 30, 789-809).
- KONE A.R., RICHARD D., GUERIN H., 1989. Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique occidentale. XVI IGC 4-11 Octobre, Nice France, p. 947-948.
- KOUKOURA Z., 1988. Composition of Kermes oak browse as affected by shade and stage of maturity. *Anim. feed Sci. and Technol.*, 21, 1-9.
- KUFELD R.C., Stevens M.L., Bowden D.C. 1985. Site variation in forage qualities of mountain mahogany and servi - ceberry. *J. of Range Manage.*, 38 (5) 458-460.
- KUMAR R., VAITHIYANATHAN S., 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *An. Feed. Sci. and technol.*, 30, 21 -38.
- LAKSESVELA B., SAID A.N., 1978. Tropical versus temperate grasses. *World Rev. of Anim. Prod.*, 14(3), 49-57.
- LAMBERT M.G., JUNG G.A., COSTALL D.A., 1989a. Forage shrubs in North Island hill country. 1. Forage Production New-Zealand *J. of Agri. Res.*, 32, 477-483.
- LAMBERT M.G., JUNG G.A., HARPSTER H.W., LEE J., 1989c. Forage shrubs in North Island hill country. 4. Chemical composition and conclusions. *New-Zealand J. of Agri. Res.*, 32, 499-506.
- LAMBERT M.G., JUNG G.A., HARPSTER H.W., BUDDING J.P., WEWALA G.S., 1989b. Forage shrubs in North Island hill country. 3. Forage digestibilité - *New-Zealand J. of Agri. Res.*, 32, 491-497.
- LAREDO M.A., MINSON D. J., 1975 (a). The voluntary intake and digestibility by sheep of leaf and stem fractions of *Lolium perenne*. *J. Br. Grassld Soc.*, 30, 73-77.
- LAREDO M.A., MINSON D.J., 1975 (b). The effect of pelleting on voluntary intake and digestibility of leaf and stem fractions of three grasses. *Br. J. Nutr.*, 33, 159-170.

LATRILLE L., GARCIA X., ROBB J.G., RONNING M., 1971. Digestibility total digestible nutrient and nitrogen balance studies on Tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil.) forage. *J. of An. Sc.* 33, 667-670/

Le HOUEROU H.N., 1977. Principles, methods and techniques for range management and fodder production, AGP, Rome, FAO.

LE HOUEROU H.N., 1977. The grassland of Africa : classification, production evolution and development outlook-proceeding XIIIth Grassland Congress, Leipzig, 1, 99-116, Akademie Verlag, Berlin.

LE HOUEROU H.N., 1980 (a). Composition chimique et valeur nutritive des fourrages ligneux en Afrique tropicale occidentale. *In* le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p. 259-284.

LE HOUEROU H.N., 1980 (b). Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahéniennes et soudaniennes. *In* le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p. 85-101.

LE HOUEROU 1980 (c). The rangelands of the sahel. *J. Range Manag.*, 33(1), 41-46.

LE HOUEROU H.N., HOSTE C.H., 1977. Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean basin and in the african sahel-soudanian zone. *J. Range Manag.*, 30(3), 181-189.

LECLERC B., 1984. Utilisation du maquis corse par des caprins et des ovins. II. Comparaison du régime des ovins et des caprins. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 6 (4), 303-314.

LECRIVAIN E., LECLERC B., HAUWUY A., 1990. Consommation de ressources ligneuses dans un taillis de chênes par des brebis en estive. *Reprod. Nutr. Dév. Suppl.* 2, 207s-209s - 5e Journ. Alim. Nutr. Herbiv., INRA, mars 1989.

LEINMILLER E., STEINGASS H., MENKE K.H., 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. *Animal Research and development. Volume 33*, p. 9-62.

LEVANG P., GROUZIS M., 1980. Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéniennes : application à la mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta oecologica, Oecol. Plant.*, 15(3), 231-244.

LOWRY J.B., 1989. Toxic factors and problems : methods of alleviating them in animals. *In* : Shrubs and tree fodders for farm animals, Ed. C. Devendra, Ottawa, Ontario, Canada : IDRC, p. 76-90.

- MACHADO R.C.R., MORENO M.A., ALVIM P., 1984. Productivity of *Andropogon gayanus* and *Panicum maximum* during two growth cycles. *Revista Theobroma*, 14(3), 229-240.
- MAHYUDDIN P., LITTLE D.A., LOWRY J.B., 1988. Drying treatment drastically affect feed evaluation and feed quality with certain tropical forage species. *An. Feed Sci. Technol.*, 22, 69-78.
- MANDIKI S.N.M., KIATOKO M., OLENGA L., 1986. Composition minérale des fourrages de la sous-région de l'Ituri (Zaire) et proposition de complémentation pour bovins. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 39(3-4), 425-434.
- MANNERS G.D., Pfister J.A., Ralphs M.H., Panter K.E., Olsen J.D., 1991. Lakspur chemistry : Toxic alkaloids in tall larkspurs. *J. Range manage.*, 45 (1), 63-67.
- MASON V.C., 1969. Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces. *J. agric. Sci. Camb.*, 73, 99-111.
- Mc IVOR J.G., 1984. Phosphorus requirements and responses of tropical pasture species : native and introduced grasses, and introduced legumes. *Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husb.*, 24 (126), 370-378.
- Mc LEOD M.N., 1973. The digestibility and the nitrogen, phosphorus and ash contents of the leaves of some Australian trees and shrubs. *Aust. J. of Exp. Agric. and Husb.*, 13, 245-250.
- Mc LEOD M.N., 1974. Plant tannins. Their role in forage quality. *Nutrition abstracts and reviews.*, 44 (11), 803-815.
- MEHTA M.K., BHAIID M.U., 1985. Studies on the digestibility and nutritive value of common forest fooder tree leaves of Madhya Pradesh for goats. C. Dhawra leaves (*Anogeissus latifolia*). *Livestock adviser.*, 10 (10), 17-19.
- MEURET M., 1988. Digestibilité du feuillage de chêne vert (*Quercus ilex*) distribué frais à des caprins entraînés au pâturage sur parcours. *Rprod. Nutr. Dévelop.*, 28 (1), 89-90.
- MEURET M., GUERIN H., 1991. Selection, Quality and quantity of plants ingested by grazing animals. IVth International Rangeland Congress Montpellier, France, 22-26 avril 1991 (Symposium C09).
- MICHALET-DOREAU B., XANDE A., 1979. Influence de la saison sur le comportement alimentaire des moutons recevant des fourrages verts en zone tropicale humide. *Ann. Zootech.*, 28(4), 381-392.
- MILFORD R., 1960. Nutritional values for 17 subtropical grasses. *Aust. J. agric. Sci.*, 2, 138-148.

MILFORD R., MINSON D.J., 1965 (a). Intake of tropical pasture species. Proc. IXth International Grassland Congress, p.815-822.

MILFORD R., MINSON D.J., 1965(b). The relation between the crude protein content and the digestible crude protein content of tropical pasture plants. J. Brit. Grassl. Soc., 20, 177-179.

MILFORD R., MINSON D.J., 1968. The digestibility and intake of six varieties of Rhodes grass (*Chloris gayana*). Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husb., 8, 413-418.

MINSON D.J., 1971. The digestibility and voluntary intake of six varieties of Panicum. Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husb., 11, 18-25.

MINSON D.J., 1972. The digestibility and voluntary intake by sheep of six tropical grasses. Aust. J. Exper. Agric. and Anim. Husb., 12, 21-27.

MINSON D.J., 1984. Digestibility and voluntary intake by sheep of five *Digitaria* species. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 24, 494-500.

MINSON D.J., 1988. The chemical composition and nutritive value of tropical legumes. In : Tropical forage legumes, F.A.O Rome 1988, p. 185-193.

MINSON D.J., BRAY R.A., 1985. *In vivo* digestibility and voluntary intake by sheep of five lines of *Cenchrus ciliaris* selected on the basis of *in vitro* digestibility. Aust. J. Exp. Agric., 25, 306-310.

MINSON D.J., BRAY R.A., 1986. Voluntary intake and *in vivo* digestibility by sheep of five lines of *Cenchrus ciliaris* selected on the basis of preference rating. Grass and Forage Sci., 41, 47-52.

MINSON D.J., MILFORD R., 1966. The energy values and nutritive value indices of *Digitaria decumbens*, *Sorghum almum* and *Phaseolus atropurpureus*. Aust. J. Agric. Res., 17, 411-423.

MINSON D.J., MILFORD R., 1967. *In vitro* and faecal nitrogen techniques for predicting the voluntary intake of *Chloris gayana*. J. of Brit. Grassl. Soc., 22, 170-175.

MINSON D.J., Mc LEOD M.N., 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. XIth International Grassland Congress, Surfers Paradise, Australia, p.719-722.

MIRANDA R., 1989. Rôle des ligneux fourragers dans la nutrition des ruminants en Afrique subsaharienne. Etude bibliographique - Monographie n° 7, CIPEA. Addis Abéba Ethiopie, 41 p.

MISLEVY P., MARTIN F.G., ADJEI M.B., 1989. Change in Elephantgrass plant components with maturity. II- Crude protein and digestibility. Proc. XVIth International Grassland Congress, Nice, France, p 841-842.

MOIR K.W., 1972. An assessment of the quality of forage from its cell-wall content and amount of cell wall digested. J. agric. Sci. Camb., 78, 355-362.

MOIR K.W., 1973. The relationship between *in vitro* digestible cell wall and the cell-wall content of forage. J. agric. Sci., Camb., 81, 533-536.

MOIR K.W., 1982. Digestible cell wall and indigested cellular contents of two grasses of low net energy value for growing cattle. J agric. Sci., Camb., 99, 207-208.

MOLYNEUX R.J., RALPHS M.H., 1992. Plant toxins and palatability to herbivores. J. of Range Manage., 45 (1), 13-18.

NATH K., MALIK N.S., SINGH O.N., 1969. Utilization of *Ziziphus nummularia* leaves by three breeds of sheep. Aust. J. agric. Res., 20, 1137-1142.

NAVARATNE H.V.R.G., IBRAHIM M.N.M., SCHIERE J.B., 1990. Comparaison of four techniques for predicting digestibility of tropical feeds. Anim. feed Sci. and Technol., 29, 209-221.

NEGI S.S., 1977. Fodder trees int Himachal Pradesh. Indian Forester, 103, 616-622.

NEWMAN D.M.R., 1969. The chemical composition, digestibility and intake of some native pastures species in central Australia during winter. Aust. J. Exp. agric. and Anim. Hub., 9, 599-602.

NITIS I.M., 1992. Fodder shrubs and trees in sammholder farming systems in the tropics. In Natural resources development and utilization. Proceeding of a workshop hold in IAC wageningen the Netherland - june 29 - july 2 - p. 36-51.

NOITSAKIS B., ISPIKOUDIS J., KOUKOURA Z., PAPANASTASIS V., 1992. Relation between successional stages and productivity in mediterranean grassland. Proc. of the joint feed resources Network workshop held, Gaborone, Botswana, 4-8 mars 1991.

NOLLER C.H., BURNS J.C., HILL D.L., RHYKERD C.L., RUMSEY T.S., 19 . Chemical composition of green and preserved forages and the nutritional implications. 611-614.

NORTON B.W., 1982. Differences between species in forage quality. *In* : Nutritional limits to animal production from pasture, Hacker J.B Ed., Farnham Royal, CAB : 89-110.

ODUM E.P., 1960. Organic production and turnover in old fied succession. Ecol., 41, 34-39.

OLUBAJO F.O., VAN SOEST P.J., OYENUGA V.A., 1974. Comparison and digestibility of four tropica grasses grown in Nigeria, J. Anim. Sci., 38(1), 149-153.

- OYENUGA V.A., OLUBAJO F.O., 1975. Pasture productivity in Nigeria -II. Voluntary intake and herbage digestibility. *J. agric. Sci., Camb.*, 85, 337-343.
- OWEN-SMITH N., 1985. Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in a South African Savanna. *Oecologia (Berlin)*, 67, 142-146.
- OWEN-SMITH N., COOPER S.M., 1987. Palatability of woody plants to browsing ruminants in a South African savanna. *Ecology*, 68 (2), 319-331.
- PANJAITAN M., JESSOP R., STUR W.W., 1989. Evaluation of tree legume species at different agroclimatic zones of Indonesia. XVI I.G.C. Nice France p. 945-946.
- PAPADAKIS J., 1966. Climates of the word and their agricultural potentialities. Buenos-Aires, 170 p.
- PELLEW R.A., 1980. Production et consommation du fourrage ligneux d'Acacia et sa potentialité pour la production de protéines animales. *In* le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie, 08-12 Août 1980, CIPEA, p. 221-229.
- PENNING de VRIES F.W.T., DJITEYE M.A., 1982. La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Pub. Doc. Wageningen, 1982.
- PEREVOLOTSKY A., BROSH A., EHRLICH O., GUTMAN M., HENKIN Z., HOLZER Z., 1993. Nutritional value of common oak (*Quercus calliprinos*) browse as fodder for goats : Experimental results in ecological perspective. *Small Ruminant Research*, 11, 95-106.
- PETRESON J.C., MOSJIDIS J.A., HILL N.S., 1989. Screening *Sericea lespedeza* germplasm for tannin concentration in leaves and herbage palatability. Proc; XVth International Grassland Congress, Nice, France, p 763-764.
- PEZO D., KASS M., BENAVIDES J., ROMERO F., CHARES C., 1989. Potential of legume tree fodders as animal feed in central America. Proc. of a workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July, Ed. by C. Devendra.
- PICARD D., FILLONNEAU C., 1971. Mise en évidence d'une période critique pour la fauche chez les graminées. L'exemple de *Panicum maximum*. *Fourrages*, 52, 71-80.
- PIOT J., NEBOUT J.P., NANOT R., TOUTAIN B., 1980. Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Haute-Volta), Paris, GERDAT ; 213 p.
- PLAYNE M.J., 1970. The sodium concentration in some tropical pasture species with reference to animal requirements. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.*, 10, 32-35.

- PLAYNE M.J., HAYDOCK K.P., 1972. Nutritional value of Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*) and of spear grass (*Heteropogon contortus*)-dominant pastures fed to sheep. 1- The effect of plant maturity. Aust. J. Exper. Agric. and Anim. Husb., 12, 365-372.
- POISSONET J., CESAR J., 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à Palmier, Ronier de Lamto (Côte d'Ivoire), Ann. Univ. d'Abidjan, serie E, 5(1), 577-601.
- POPPI D.P., MINSON D.J., TERNOUTH J.H., 1980. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. I- The voluntary intake, digestibility and rumen retention time in the reticulo-rumen. Aust. J. Agric. Res., 32, 99-108.
- PRATCHETT D., 1977. Factors limiting liveweight gain of beef cattle on rangeland of Botswana. J. Range Manage., 30(6), 442-445.
- RAFIQUE S., WALLACE J.D., HOLECHEK J.L., GALYEAN M.L., ARTHUN D.P., 1992. Influence of forbs and shrubs on nutrient digestion and balance in sheep feed grass hay. Small Ruminant Research, 7, 113-122.
- REED J.D., 1986. Relationships among soluble phenolics, insoluble proanthcyanidins and fiber in East African browse species. J. Range Manage., 39 (1), 5-7.
- REED J.D., HORVATH P.J., ALLEN M.S., VAN SOEST P.J., 1985. Gravimetric determination of soluble phenolics including tannins from leaves by precipitation with trivalent ytterbium. J. Sci. Food Agric., 36, 255-261.
- REED J.D., SOLLER H., WOODWARD A., 1990. Fodder tree and straw diets for sheep : intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. An. Feed Sc. and technol., 30, 39-50
- REID R.L., JUNG G.A., 1965. Factors affecting the intake and palatability of forages for sheep. Proc IXth International Grassland Congress, Sao Paulo, Bresil, 5-20 janvier 1965, p. 863-869.
- RICHARD D., 1987. Valeur alimentaire de quatre graminées fourragères tropicales. Thèse Doct 3° cycle, Paris VI, 314 p.
- RICHARD D., FRIOT D., GUERIN H., ROBERGE G., 1987. L'ingestibilité des graminées fourragères cultivées en zone tropicale. Reprod. Nutr. Dévelop., 27(1), 195-196.
- RICHARD D., GUERIN H., ROBERGE G., FRIOT D., 1989. La consommation de matière sèche de fourrages disponibles en zone tropicale. Proc. XVIth Congrès International des herbages, Nice, France, p. 795-796.
- RICHARD D., GUERIN H., FRIOT D., MBAYE N., 1990. Teneurs en énergie brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 43 (2), 225-231.

- RIOS S., CORREAL E., ROBLEDO A., 1989. Palatability of the main fodder and pasture species present in S.E. Spain : Woody species (trees and shrubs). Proc. XVIth International Grassland Congress, Nice, France p. 1531-1532.
- RITTNER U., REED J.D., 1992. Phénolic and in vitro degradability of protein and fibre in West African browse - J. Sci. Food. Agric., 58, 21-28.
- RIVIERE R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Manuels et précis d'élevage IEMVT n° 9 2ème ed., Paris ; Ministère de la Coopération. 527 p.
- ROBBINS C.T., Hanley T.A., Hagerman A.E., Hjeljord O., Baker D.L., Schwartz C.C., Mautz W.W., 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants : reduction in protein availability. Ecology, 68 (1), 98-107.
- RODRIGUEZ N.M., BORGES I., 1989. Apparent digestibility, dynamics of rumen fermentation and sites of digestion of hays of *Leucaena leucocephala* (lam) de voit cv. Peru - XVI IGC, Nice France, p. 931-932.
- RUTAGWENDA T., LECHNER. DOLL M., SCHWARTZ H.J., SCHULTKA W., VON ENGELHARDT W., 1990. Dietary preference and degradability of forage on semiarid thornbush savannah by indigenous ruminants, camels and donkeys. An. Feed. Sc. and techno, 31, 179-192.
- SAADANI Y., KAYOULI C., NARJISSE H., 1989. valeur nutritive d'un parcours mixte à *Acacia cyanophylla*, *Atriplex nummularia* et *Medicago arborea*. Proc. XVIth International Grassland Congress, Nice, France, p. 943-944.
- SALETTE J.E., 1970. Les cultures fourragères tropicales et leur possibilités d'intensification. Fourrages, 43, 91-107.
- SAMPSON A.W., JOSPERSON B.S., 1963. California range brushlands and browse plants. Calif. Agri. Exp. Sta. Manual 33., 162 p.
- SANKARY M.N., RANJHAN., 1989. The place of fodder trees and shrubs in grassland systems. Proc. XVIth International Grassland Congress, Nice, France, p. 1761-1768.
- SEN K.M., MABEY G.L., 1965. The chemical composition of some indigenous grasses of coastal savanna of Ghana at different stages of growth. Proc. IXth International Grassland Congress, Sao Paulo, Brasil, p. 753-771.
- SHARMA K., SINGH N., OGRA J.L., 1990. Chemical composition, uptake and apparent digestibility of *Dichrostachys cinerea* (brif. babul) foliage in goats. Range Management and agroforestry, 11 (2), 217-220.

SIDAHMED A.E., REED J.D., BETTERWORTH M., OTIENOK., FITZHUGH H.A., 1984. Chemical composition and digestibility values for some important forage resources consumed by dual purpose goats in Western Kenya. In : Proceeding of the third small ruminant CRSP Kenya Workshop. Publié sous la direction de G.K. Njiru-Kabete (Nigeria) p. 53-57.

SINGH R.D., CHATTERJEE B.N., 1965. Tillering of Perennial grasses in the tropics in India., Proc. IXth International Grassland Congress, Sao Paulo, Brasil, p. 1075-1079.

SINGH K., HAZRA C.R., 1987. Stability analysis for forage yield in Dinanath grass (*Pennisetum pedicellatum Trin.*). In. J of Range Manage., 8(1), 42-42.

SINGH V., SINGH A.K., VERMA S.S., JOSHI Y.P., 1988. Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of multicut tropical forages. Tropical Agriculture, 65(2), 129-133.

SHUKLA N.P., LAL M., SAXENA D.C., 1988. Effect of bed types, planting techniques and soil moisture regimes on productivity of dinanath grass (*Pennisetum pedicellatum Trin.*) J. of Agronomy, 4(1), 17-21.

SKERMAN , 1977. Tropical forage legumes. Rome, FAO, 434 p.

SMITH O.B., VAN HOUTERT M.F.J., 1987. La valeur fourragère de *Gliricidia sepium*. Revue mondiale de zootechnie, 62, 57-68.

TAGARI H., BEN-GHEDALIA D., 1977. The digestibility of Rhodes (*Chloris gayana*) in relation to season and proportion of the diet of sheep. J. agric. Sci., Camb., 88, 181-185.

TANNER J.C., REED J.D., OWEN E., 1990. The nutritive value of fruits (pods with seeds) from four Acacia App compare with extracted noug (*Guizotia abyssinica*) meal as supplements to maize stover for Ethiopian highland sheep. Anim. Prod. 51, 127-133.

THALEN D.C.P., 1979. Ecology and utilization of desert shrub rangelands in Irak. Dr. WJunk B.V. - Publishers - The Hague. 428 p.

THOMAS D., GROF B., 1986. Some pasture species for the tropical savannas of South America - III. *Andropogon gayanus*, *Brachiaria spp.* and *Panicum maximum*. Herbage Abstracts, 56(12), 557-565.

TIENDREBEOGO M., 1988. Les pâturages naturels nord-soudaniens de Gampéla. Analyse floristique, phénologie et dynamique de la biomasse des groupements à graminées annuelles- Essai d'exploitation de *P. pedicellatum*. Mémoire fin d'étude, ITDR, 56p.

TILLEY J.M.A., TERRY R.A., 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc., 18, 104-111.

TOPPS J.H., 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropics. J. of Agr. Sc. Camb., 118; 1-8.

TOUTAIN B., 1974. Etudes agrostologique pour l'implantation d'un ranch d'embouche en Haute-Volta. Région de Léo. IEMVT, Maisons-Alfort, rapport n°40, 87p.

TREVINO J., CABALLERO R., 1984. Yield and quality of Bittervetch forage as influenced by harvesting stage and rainfall in a semiarid region. *In* : The impact of climate on grass production and quality, p. 417-421.

VADIVELOO J., FADEL J.G., 1992. Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 37, 265-279.

VAN SOEST P.J., 1965. Use of detergents in analysis of fibrous feeds III - study of effects of heating and drying on yield of fibre and lignin in forages. *J. of the Association of official Agricultural chemists.*, 48, 787-790.

VAN SOEST P.J., 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. anim. Sci.* 26, 119-128.

VAN SOEST P.J., 1982. Nutritional ecology of the ruminant. OB Books, corvallis, Oregon (E.-U.). 374 p.

VAN HOVEN W., 1984. Tannins and digestibility in freater Kudu. *Can. J. Anim. Sci.*, 64 (suppl.), 177-178.

VENTURA M., MOORE J.E., RUELKE O.C., FRANKE D.E., 1975. Effect of maturity and protein supplementation on voluntary intake and nutrient digestibility of *Pangola digitgrass* hays. *J. Anim. Sci.*, 40(4), 769-774.

VERITE R., MICHALET-DOREAU B., CHAPOUTOT P., PEYRAUD J.L., PONCET C., 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 70, 19-34.

VERMOREL M., 1978. Energie. *In* I.N.R.A, 1978. Alimentation des ruminants., Jarrige Ed, INRA publications 78000 Versailles p. 48-88.

VILLENA F., PFISTER J.A., 1990. Sand shinnery oak as forage for Angora and spanish goats. *J. Range Manage.*, 43(2), 116-122.

WAGHORN G.C., 1990. Effect of condensed tanninon protein digestion and fresh herbage. *Proceeding of the Australian society of animal production.*, 18, 412-415.

WALKER B.H., 1980. Les ligneux fourragers en Afrique australe. *In* le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba (ETH) ; 08-12 Août 1980, CIPEA, p 7-23.

WILSON A.D., 1969. A review of browse in the nutrition of grazing animals. *J. of Range Manage.*, 22 (1), 23-28.

WILSON A.D., 1977. The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats. *Aust. J. Agric. Res.*, 28, 501-508.

WILSON A.D., Harrington G.N, 1980. Valeur nutritive des plantes ligneuses fourragères d'Australie : *In* le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. ; Addis Abeba (ETH) ; 08.12/8/80, CIPEA] p. 285-291.

WILSON J.R., 1976. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I- Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Aust. J. Agric. Res.*, 27, 343-354.

WILSON J.R., 1981. Environnemental and nutritional factors affecting herbage quality. *In* Hacker, J.B. (Ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. CSIRO p. 111-131.

WILSON J.R., FORD C.W., 1971. Temperature influences on the growth, digestibility, and carbohydrate composition of two tropical grasses, *Panicum maximum* var. *Trichoglume* and *Setaria sphacelata*, and two cultivars of the temperate grass *Lolium perenne*. *Aust. J. agric. Res.*, 22, 563-571.

WILSON J.R., FORD C.W., 1973. Temperature influences on the in vitro digestibility and soluble carbohydrate accumulation of tropical and temperate accumulation of tropical and temperate grasses. *Aust. J. agric. Res.*, 24, 187-198.

WOODWARD A., REED J.D., 1989. The influence of polyphenolics on the nutritive value of browse : a summary of research conducted at ILCA. ILCA bulletin, N°35, Decembre 1989.

YADAV P.K., SHARMA R.S., 1986. Effect on different fertility levels and cutting management on fodder yield of dinanath grass (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) *Indian J. of Agronomy*, 31(1), 102-103.

ZEMMELINK G., HAGGAR R.J., DAVIES J.H., 1972. A note on voluntary intake of *Andropogon gayanus* hay by cattle, as affected by level of feeding. *Anim. Prod.*, 15, 85-88.

ZOUNGRANA I., 1991. Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux III, 277 p.

ZOUNGRANA I., KABORE-ZOUNGRANA C., 1992. Situation des ressources sylvo-pastorales au Burkina Faso. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 4, 169-181.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	
INTRODUCTION	
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : VALEUR NUTRITIVE DES FOURRAGES HERBACEES ET LIGNEUX	4
INTRODUCTION	4
I - BIOMASSE ET PHENOLOGIE	7
1- Biomasse	7
1.1 - Les Herbacées	7
1.2 - Les ligneux	7
1.3 - Variations de la biomasse	8
2 - Phénologie	10
II - COMPOSITION CHIMIQUE	11
1 - Valeurs de composition chimique	11
1.1 - Teneurs en MAT	11
1.2 - Teneurs en parois cellulaires	12
1.3 - Teneurs en minéraux	12
2 - Facteurs de variation de la composition chimique	14
2.1- L'espèce	14
2.2 - L'organe	14
2.3 - La saison et le site	15
2.4 - La situation géographique	16
III - PREFERENCES ALIMENTAIRES ET INGESTION DES FOURRAGES	16
1 - Préférences alimentaires	16
1.1- Variation de l'appétibilité des espèces	17
1.2. - Sélection des aliments	17
2 - Ingestibilité	18
2.1- Facteurs de variation de l'ingestion	19
2.2 - Prédiction de l'ingestibilité	20
2.2.1 - A partir de la composition chimique	20
2.2.2 - A partir de la digestibilité	21
2.3 - Influence de ligneux sur la digestion des rations	22
IV - VALEURS ENERGETIQUE ET AZOTEE DES FOURRAGES	23
1- Valeur énergétique	23
1.1 - Digestibilité de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO)	23
1.2 - Prévion de la valeur énergétique	24
2 - Valeur azotée	25
2.1 - Digestibilité des matières azotées (dMA)	25
2.2 - Prévion de la valeur azotée	26
3 - Autres facteurs de variation de la digestibilité des différents constituants	27

V - COMPOSES SECONDAIRES	29
1 - Palatabilité et ingestion	30
2 - Digestion des fibres	31
3 - Utilisation de l'azote	31
VI - EVOLUTION PONDERALE DES RUMINANTS	33
CONCLUSION	34
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	
CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE	37
I - LE CLIMAT	37
1 - Pluviométrie	38
2 - Humidité relative	38
3 - Températures	39
4 - Hydrographie	39
5 - Bilan hydrique et période active de végétation	39
II - LES PATURAGES	40
1 - Pâturages de plateau	40
2 - Pâturages de basfonds	40
3 - Les pâturages en position intermédiaire entre plateau et basfond	41
III - CHOIX DES SITES D'ETUDE ET DES ESPECES	41
1 - Choix des sites	41
2 - Description des principales espèces	42
CHAPITRE III : METHODES D'ETUDE	44
I - LES HERBACEES	44
1 - Biomasse	44
1.1- Biomasse totale	44
1.2 - Stratification de la biomasse	45
1.3 - Evaluation des repousses	46
2 - Capacité de charge	46
3 - Phénologie, hauteur et nombre de talles	47
3.1 - Tests de germination	47
3.2 - Phénologie	47
3.2 - Hauteur	49
3.3. - Nombre de talles	49
4 - Composition floristique	49
5 - Composition morphologique	51
6 - Composition chimique	51
7 - Digestibilité	52
7.1 - Vitesse de dessiccation des fourrages	52
7.2 - Digestibilité in vivo	52
7.3 - Digestibilité enzymatique	54
II - LES LIGNEUX	54
1 - Phénologie	54
2 - Composition chimique	55
3 - Digestibilité	56
3.1 - Digestibilité in vivo	56

3.2 - Digestibilité in vitro Tilley et Terry	57
3.3 - Méthode du gaz test	57
3.4 - Digestibilité enzymatique des matières azotées	57
III - LES SOUS-PRODUITS	58
1 - Digestibilité des sous-produits	58
2 - Utilisation des sous-produits	58
TROISIEME PARTIE : RESULTATS	
LES HERBACEES	60
CHAPITRE IV : PHENOLOGIE, HAUTEUR ET BIOMASSE DES ESPECES ET DU PATURAGE	
I - PHENOLOGIE ET NOMBRE DE TALLES	60
1 - Germination de graminées	60
2 - Cycle phénologique et nombre des talles des espèces	61
II - HAUTEUR DES PLANTES	63
III - PRODUCTION DES ESPECES ET DES TYPES DE PATURAGES	65
1 - Evolution de la biomasse	65
1.1 - <i>Brachiaria lata</i>	66
1.2 - <i>Pennisetum pedicellatum</i>	66
1.3 - <i>Andropogon pseudapricus</i>	66
1.4 - <i>Panicum anabaptistum</i>	67
1.5 - <i>Andropogon gayanus</i>	67
1.6 - Différents types de pâturage	67
6.1.1 - Graminées	67
6.1.2 - Légumineuses	68
2 - Biomasses maximales	68
3 - Facteurs de variation de la production	69
3.1 - Variation inter-faciès	69
3.1.1 - Variation en fonction de l'espèce ou de la composition floristique	69
3.1.2 - Variation en fonction du type de sol	69
3.2 - Variation inter-annelle de la production	70
4 - Prédiction de la biomasse	70
IV - STRATIFICATION DE LA BIOMASSE CHEZ <i>A. GAYANUS</i>	
V - EVALUATION DES REPOUSES DE <i>A. GAYANUS</i>	71
VI - CAPACITE DE CHARGE	72
VII - COMPOSITION FLORISTIQUE	73
DISCUSSION	75
CONCLUSION	76
CHAPITRE V : COMPOSITIONS MORPHOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES HERBACEES	82
I - COMPOSITION MORPHOLOGIQUE DES HERBACEES	84
II - COMPOSITION CHIMIQUE DES HERBACEES, DES LEGUMINEUSES ET DES ZONES DE PATURAGE	86
1 - Teneurs en matière sèche	87
2 - Les matières minérales	87

2.1 - Teneurs en cendres	89
2.2 - Teneurs en quelques éléments minéraux	89
2.2.1- Les plantes entières	90
2.2.2 - Les différents organes	90
2.2.3 - Les racines de <i>A. gayanus</i>	92
2.3 - Les oligo-éléments	93
3 - Les matières azotées totales	93
4 - L'extrait éthéré	94
5 - Les constituants pariétaux	95
5.1.- Les critères de Van-Soest	95
5.1.1 - Neutral detergent fibre (NDF)	95
5.1.2 - L'acid detergent fibre (ADF)	97
5.1.3 - L'acid detergent lignin (ADL)	98
5.1.4 - Hémicellulose et cellulose	99
5.2. - La cellulose brute selon Weende (CB)	100
5.3 - Relation entre les différents éléments de la composition chimique	101
5.3.1 - Relation entre les critères de Van-Soest et la CB	101
5.3.2 - Relations entre les éléments de la paroi déterminés selon Van-Soest	102
6 - Teneurs en énergie brute	102
6.1 - Teneurs en énergie brute de la matière sèche (EBs) et de la matière organique (EBo)	102
6.2 - Prédiction de l'EBo	103
III - RELATIONS ENTRE COMPOSITION CHIMIQUE DE LA PLANTE ENTIERE ET CELLE DES FEUILLES ET TIGES	104
IV - RELATIONS ENTRE COMPOSITION MORPHOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES PLANTES DE GRAMINEES	105
DISCUSSION	105
CONCLUSION	116
CHAPITRE VI : INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE DES FOINS D'HERBACEES	118
I - INGESTIBILITE DES FOINS	120
1 - Composition chimique des fourrages	120
2 - Quantités de matière sèche ingérées	121
II - DIGESTIBILITE	121
1 - Digestibilité de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO)	122
2 - Digestibilité des matières azotées (dMA)	123
3 - Digestibilité des parois	123
4 - Digestibilité de l'énergie	123
III - FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE	124
1 - L'espèce et l'âge	124
2 - Le niveau alimentaire	124
3 - Le mode de présentation	125

4 - Effet de la conservation	126
5 - Digestibilité et teneur minimale en MAT	126
IV - VALEUR NUTRITIVE DES FOINS	128
V - PREVISION DE L'INGESTIBILITE ET DES DIGESTIBILITES DES FOINS	130
1 - Prévision de l'ingestibilité	130
2 - Prévision des digestibilités des différents constituants à partir de la composition chimique	130
2.1 - Relations entre les teneurs en MAT et MAD des rations	130
2.2 - Relations entre les digestibilités de parois et les teneurs en ces parois	131
2.3 - Relations entre les constituants solubles totaux (S) et les constituants solubles digestibles	131
2.4 - Prévision de la valeur énergétique à partir de la composition chimique des foins et des fèces	132
3 - Prévision de la dMS et dMO à partir d'une méthode enzymatique	132
DISCUSSION	133
CONCLUSION	139
CHAPITRE VII : PHENOLOGIE DES LIGNEUX	142
I - CYCLE PHENOLOGIQUE DES ESPECES	143
1 - <i>Acacia macrostachya</i>	143
2 - <i>Acacia seyal</i>	144
3 - <i>Combretum aculeatum</i>	144
4 - <i>Ziziphus mauritiana</i>	144
5 - <i>Sclerocarya birrea</i>	145
6 - <i>Dichrostachys glomerata</i>	145
7 - <i>Securinega virosa</i>	145
8 - <i>Balanites aegyptiaca</i>	146
DISCUSSION	147
CONCLUSION	149
CHAPITRE VIII - COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX	151
I - COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX	151
1 - Teneurs en matière sèche	151
2 - Les matières minérales	151
2.1 - Les teneurs en cendres	151
2.2 - Teneurs en quelques éléments minéraux	151
3 - Les matières azotées totales	152
4 - Teneurs en constituants des parois	153
II - FACTEURS DE VARIATION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE	153
1 - Variation dans le temps	153
1.1 - Le stade phénologique	153

1.2 - La saison	154
1.3 - L'âge	155
2 - Variation avec l'année	155
3 - Le groupe : légumineuse ou autres	155
4 - L'organe	156
5 - L'espèce végétale	156
III - RELATIONS ENTRE LES TENEURS DES DIFFERENTS CONSTITUANTS CHIMIQUES	157
DISCUSSION	158
CONCLUSION	162
CHAPITRE IX : DIGESTIBILITE DES LIGNEUX	164
I - COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX	166
II - VALEURS DE DIGESTIBILITE	167
1 - Digestibilité de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO)	167
2 - Digestibilité des matières azotées (dMA)	168
3 - Digestibilité des parois	168
4 - Digestibilité de l'énergie (dE)	169
III - FACTEURS DE VARIATION DE LA DIGESTIBILITE	169
1 - L'espèce végétale et l'organe	169
2 - l'âge	171
3 - Le stade phénologique, la saison et l'année	171
4 - Le taux de ligneux dans la ration	172
IV - VALEUR ENERGETIQUE DES LIGNEUX	172
1 - Valeurs d'énergie nette	172
2 - Prédiction de la valeur d'énergie	173
2.1 - L'énergie brute de la matière organique (EBo)	173
2.2 - La digestibilité de l'énergie	174
2.2.1 - A partir des valeurs de digestibilité in vivo	174
2.2.2 - A partir de la composition chimique	174
2.2.3 - A partir des méthodes utilisant du jus de rumen	175
V - VALEUR AZOTEE DES LIGNEUX	177
1 - Valeurs d'utilisation des matières azotées des ligneux	177
2 - Comparaison de l'utilisation des MAT des légumineuses herbacées et ligneux	177
3 - Prédiction de la valeur azotée	178
3.1 - A partir de la composition chimique	178
3.2 - A partir d'une méthode enzymatique	179
IV - EFFET DES TANINS	180
DISCUSSION	182
CONCLUSION	186
LES SOUS-PRODUITS	
CHAPITRE X : VALEUR NUTRITIVE DES SOUS-PRODUITS	189

AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS	
1 - Composition chimique des sous-produits	191
2 - Digestibilité des sous-produits	191
3 - Utilisation du tourteau de karité	192
4 - Complémentation des animaux au pâturage	192
CONCLUSION	194
CONCLUSION GENERALE	196
BIBLIOGRAPHIE	201
ANNEXES	

ANNEXES

Tableau annexes IV-1 : Suite

1989		<i>P. anabaptistum</i>						
Date	Nombre moyen de talles	Phénologie (% des individus)						
		Tal.	Mt	Ep	Flo	Fru	Mat	Dis
20/7/89	31	100						
4/8	46	95	5					
19/8	48	25	55	20				
3/9	48		5	65	30			
8/9	36			40	50	10		
13/9	32			5	35	45	15	
18/9	25				5	60	25	10
23/9	21					25	50	25
28/9	20					5	30	65
3/10	19						15	85
18/10	22							100
2/11	29							
17/11	36							
2/12	36							
17/12	24							
1/1/90	22							

1990		<i>B. lata</i>						
Date	Nombre moyen de talles	Phénologie (% des individus)						
		Tal.	Mt	Ep	Flo	Fru	Mat	Dis
20/7/90	1,44	100						
3/8	1,17		64	18	11	5	2	
6/8	0,97		36	18	27	14	5	
9/8	0,73		19	16	27	15	23	
12/8	0,56		6	13	23	24	25	7
15/8	0,63		5	7	7	26	42	13
18/8	0,53			6	7	16	48	23
22/8	0,49			6	5	12	28	48
29/8	0,42					12	19	70
1/9	0,41					1	15	84
5/9	0,41						3	97
12/9	0,40							100
19/9	0							100
23/9	0							100
27/9	0							100

Tableau annexes IV-1 : Suite

1990		<i>A. gayanus</i>						
Date	Nombre moyen de talles	Phénologie (% des individus)						
		Tal.	Mt	Ep	Flo	Fru	Mat	Dis
16/7/90	60	100						
23/7	57	100						
30/7	56	100						
6/8	48	100						
13/8	46	100						
20/8	42	100						
27/8	37	100						
3/9	36	84	16					
10/9	34	83	10	7				
17/9	36							
24/9	33	52	36	12				
1/10	32	47	23	19	11			
8/10	32	31	20	30	19			
15/10	29	21	19	21	23	16		
22/10	29		25	6	5	22	25	17
29/10	27		25		1	8	28	38
5/11	25		20				21	59
9/11	14							100

1990		<i>A. pseudapricus</i>						
Date	Nombre moyen de talles	Phénologie (% des individus)						
		Tal.	Mt	Ep	Flo	Fru	Mat	Dis
28/7/90	1,79	100						
4/8	2,29	100						
10/8	2,54	100						
16/8	2,61	100						
24/8	2,62	100						
31/8	2,79	57	43					
7/9	3,04	52	48					
14/9	3,06	40	60					
21/9	4,62	40	57	3				
28/9	3,13	6	12	38	44			
5/10	2,74		14	21	59	6		
12/10	2,56					15	75	10
19/10							7	93
26/10								100
19/11								100

NB : Tal. = tallage; Mt = montaison; Ep = épiaison; Flo = floraison
 Fru = fructification; Mat = maturation; Dis = dissémination.

Tableau annexe V-1 : Relations entre les teneurs des différents constituants chimiques des plantes entières des graminées (G), des légumineuses (L) et du pâturage (P).

Constituants (p.100 MS)	Espèces	Equations	ETR	r
MAT	G	= 83,209 - 1,469 NDF	3,70	-0,84
	P	83,843 - 2,069 "	2,24	-0,83
	L	68,586 - 1,070 "	4,70	-0,52
	G	11,635 - 1,163 ADL	3,22	-0,56
NDF	G	= 38,840 + 0,865 ADF	3,76	0,83
	P	43,199 + 0,719 "	1,29	0,95
	L	11,327 + 1,018 "	2,15	0,92
	G	61,767 + 2,527 ADL	4,87	0,70
	P	60,153 + 2,504 "	2,55	0,77
	L	23,654 + 3,172 "	2,33	0,91
	G	54,900 + 0,612 (NDF-ADF)	6,4	0,35
	P	106,35 - 1,030 "	3,46	-0,51
	L	42,927 + 1,095 "	5,0	0,43
	G	39,616 + 0,970 (ADF-ADL)	4,36	0,77
	P	42,226 + 0,857 "	1,48	0,93
	L	13,912 + 1,250 "	2,93	0,85
ADF	G	= 28,981 + 2,452 ADL	4,7	0,71
	P	23,591 + 3,469 "	3,1	0,81
	L	16,390 + 2,699 "	2,6	0,85
	G	54,912 - 0,389 (NDF-ADF)	6,4	-0,23
	P	106,36 - 2,030 "	3,5	-0,76
	G	-1,208 + 1,178 (ADF-ADL)	1,63	0,97
	P	-1,619 + 1,196 "	0,87	0,99
	L	0,028 + 1,303 "	1,09	0,98
	ADL			
ADL	G	= -1,208 + 0,178 (ADF-ADL)	1,63	0,51
	P	-1,619 + 0,196 "	0,87	0,70
	L	0,028 + 0,306 "	1,1	0,72

Tableau annexe V-2 : Relation entre l'énergie brute (EBo en kcal/kg MO) et la teneur en matières azotées totales (MATo en g/kg MO) des différentes espèces et types de pâturages naturels en vert.

Espèces et types de pâturage	n	EBo moyen	Equations	ETR	r ²
LEGUMINEUSES					
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	7	4916	EBo = 4557 + 2,597MATo	22	0,92
<i>Zornia glochidiata</i>	6	4906	4656 + 1,751 "	45	0,36
<i>Stylosanthes erecta</i>	7	4828			
PATURAGE NATUREL					
PPBf	8	4658	4565 + 1,692MATo	23	0,78
PDv	3	4728	4556 + 2,790 "	8	0,97
PDa	3	4748			
PBf	7	4755	4593 + 3,672 "	37	0,73
GRAMINEES					
<i>Setaria sphacelata</i>	7	4672	4548 + 2,528MATo	17	0,71
<i>Andropogon pseudapricus</i>	10	4733	4562 + 3,872 "	41	0,81
<i>Andropogon gayanus</i>	14	4680	4564 + 2,707 "	85	0,51
<i>Panicum anabaptistum</i>	16	4812	4761 + 1,143 "	25	0,64
<i>Brachiria lata</i>	12	4825	4591 + 1,579 "	34	0,90
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	14	4705	4668 + 0,478 "	42	0,29

Tableau annexe V-3 : Regressions de prédiction de l'EBo (kcal/kg MO) des foin à partir de la composition chimique (g/kg MO).

Variables de prédiction (x)	Equations	ETR	r ²
ADF	EBo = 5321 - 1,240 x	82	0,48
Cellulose	5252 - 1,222 x	86	0,43
CB	5339 - 1,334 x	89	0,39

Tableau annexe V-4 : Relations entre la composition chimique de la plante entière (PE) et celle des feuilles (F) ou des limbes (L) et gaines (G) et des tiges (T).

Constituants (p.100 MS)	Espèces	Equations		ETR	r	
Cendres	<i>P. pedicellatum</i>	PE =	-5,411 + 1,247 F	1,69	0,87	
			1,831 + 0,955 T	1,44	0,91	
	<i>B. lata</i>		4,520 + 0,562 F	1,23	0,74	
			5,620 + 0,559 T	1,02	0,83	
	<i>P. anabaptistum</i>		2,576 + 0,415 F	0,92	0,52	
			2,809 + 0,780 T	0,76	0,71	
	MAT	<i>P. pedicellatum</i>	PE =	0,653 + 0,523 F	0,98	0,90
				1,515 + 0,906 T	1,20	0,85
<i>B. lata</i>			-8,672 + 1,170 F	1,98	0,89	
			-2,536 + 1,430 T	2,2	0,86	
<i>A. gayanus</i>			-9,374 + 2,318 L	0,97	0,84	
			0,606 + 1,179 G	0,72	0,80	
			1,639 + 0,988 T	0,90	0,84	
<i>P. anabaptistum</i>			-0,05 + 0,826 F	0,89	0,86	
			0,561 + 1,914 T	0,88	0,87	
NDF		<i>P. pedicellatum</i>	PE =	2,606 + 1,066 F	4,18	0,74
			-26,704 + 1,258 T	3,43	0,83	
	<i>B. lata</i>		19,708 + 0,769 F	3,87	0,77	
ADF	<i>P. pedicellatum</i>	PE =	15,429 + 0,816 F	4,03	0,76	
			-11,929 + 1,075 T	2,97	0,88	
	<i>B. lata</i>		14,031 + 0,770 F	2,27	0,58	
			7,704 + 0,703 T	2,44	0,49	
ADL	<i>P. pedicellatum</i>	PE =	0,760 + 1,276 F	1,03	0,85	
			-0,249 + 0,709 T	0,91	0,89	
	<i>B. lata</i>		2,464 + 0,581 F	0,77	0,49	
			-0,804 + 0,99 T	0,50	0,83	
	<i>A. gayanus</i>		17,063 - 2,622 L	0,64	-0,80	
	<i>P. anabaptistum</i>		1,276 + 0,984 F	1,00	0,76	
			-3,066 + 1,130 T	1,22	0,60	

Tableau annexe V-5 : Relations entre la composition chimique et la composition morphologique (Feuilles/Plante entière x 100) des différents fourrages de graminées.

Constituants (p.100 MS)	Espèces	n	Equations	ETR	r
Cendres	<i>Pp</i>	14	Y = 5,648 + 0,105 X	2,49	0,80
	<i>Ag</i>	19	3,522 + 0,056 X	1,41	0,73
	<i>Pa</i>	9	3,167 + 0,031 X	0,64	0,60
	<i>Bl</i>	9	9,026 + 0,033 X	1,10	0,51
	<i>Ap</i>	8	2,368 + 0,069 X	0,74	0,95
MAT	<i>Pp</i>	14	Y = 0,579 + 0,105 X	2,81	0,77
	<i>Ag</i>	19	1,253 + 0,075 X	1,38	0,82
	<i>Pa</i>	9	0,368 + 0,079 X	1,04	0,77
	<i>Bl</i>	9	-1,177 + 0,098 X	0,88	0,93
	<i>Ap</i>	8	-0,193 + 0,057 X	0,94	0,89
NDF	<i>Pp</i>	14	Y = 83,172 - 0,228 X	3,98	-0,88
	<i>Ag</i>	19	84,128 - 0,159 X	2,85	-0,83
	<i>Pa</i>	9	86,155 - 0,135 X	0,15	-0,52
	<i>Bl</i>	9	86,547 - 0,214 X	4,21	-0,76
	<i>Ap</i>	8	87,509 - 0,152 X	2,17	-0,92
ADL	<i>Pp</i>	14	Y = 5,409 - 0,027 X	0,75	-0,76
	<i>Ag</i>	19	7,728 - 0,048 X	0,87	-0,82
	<i>Pa</i>	9	9,351 - 0,056 X	0,60	-0,83
	<i>Bl</i>	9	6,426 - 0,035 X	0,44	-0,87
	<i>Ap</i>	8	6,431 - 0,034 X	0,52	-0,91
CB	<i>Pp</i>	7	Y = 47,597 - 0,208 X	1,32	-0,99
	<i>Ag</i>	10	53,494 - 0,228 X	2,04	-0,95
	<i>Ap</i>	8	58,957 - 0,232 X	1,47	-0,98

Pp : *P. pedicellatum*; *Ag* : *A. gayanus*; *Pa* : *P. anabaptistum*
Bl : *B. lata*; *Ap* : *A. pseudapricus*

Annexe VI-1 : Variations significatives pour une espèce de sa digestibilité en fonction du stade phénologique : exemples de la dMO et de la dMA.

dMO

Stades	Espèces <i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
1	67 a	56 a			
2	66 a	49 b	51 a		
3	61 b	43 c		53 a	68 a
4	60 b	43 c	45 b	48 b	60 b
5	58 b	39 c	43 b		
6	48 c	31 d			
7			39 c		
8	38 d		32 d	46 b	

dMA

Stades	Espèces <i>P. pedicellatum</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>P. anabaptistum</i>	<i>A. pseudapricus</i>	<i>B. lata</i>
1	63 a	38 a			
2	57 a	37 a	50 a		
3	43 b			-1 a	68 a
4	43 b	27 b	29 bc	0 a	67 a
5	43 b	-17 c	34 c		
6	17 c	-20 c			
7			24 b		
8	-40 d		-30 d	-182 b	

Les lettres différentes pour une espèce correspondent à des différences significatives ($p < 0.05$) entre les stades.

Annexe VI-2 : Relations entre les teneurs des constituants chimiques (g/kg MS)
dans l'ingéré (I) et les fecès (f). n = 23

Cendres f =	36,630	+ 0,909 CendresI	±	19,7	r = 0,848
MAT f =	30,549	+ 0,898 MATI	±	9,09	r = 0,935
NDF f =	15,414	+ 0,909 NDFI	±	54,78	r = 0,935
ADF f =	161,17	+ 0,571 ADFI	±	32,55	r = 0,736
ADL f =	353,09	+ 1,089 ADLI	±	45,14	NS r = 0,35
CB f =	74,01	+ 0,700 CBI	±	27,49	r = 0,807

Annexe VI-3 : Prévision de la digestibilité de la matière organique (Y en p.100)
a partir de la composition chimique de l'ing r e et des fec es (n = 23)

	Constituant chimique (X)	Equations	ETR	r
INGERE	Cendres	Y = 33,523 + 2,069 X	8,07	0,702
	MAT	= 38,015 + 0,226 X	7,13	0,778
	CB	= 107,21 - 0,142 X	8,27	0,684
	NDF	= 105,32 - 0,073 X	9,10	0,597
	ADF	= 91,051 - 0,096 X	9,45	0,551
	ADL	= 62,016 - 0,245 XNS	10,80	0,30
	Hémicelluloses	= 69,616 - 0,054 XNS	10,80	0,30
	Celluloses	= 85,649 - 0,092 X	9,77	0,507
	MAT + CB	= 17,888 + 0,281 MAT + 0,043 CB	7,21	0,782
	MAT + CB(1)	= 28,271 + 0,371 MAT + 0,018CB	5,19	0,901
MAT + CB(2)	= 19,130 + 0,469 MAT + 0,009 CB	5,0	0,871	
FECES	Cendres	Y = 21,058 + 0,261 X	5,4	0,873
	MAT	= 23,563 + 0,388 X	4,96	0,895
	CB	= 116,18 - 0,388 X	3,80	0,916
	NDF	= 140,52 - 0,132 X	4,93	0,896
	ADF	= 127,90 - 0,197 X	5,78	0,854
	ADL	= 68,342 - 0,217 NS	10,68	0,27

p < 0,05

1 : Cas de *P. pedicellatum* n = 7

2 : Cas de *A. gayanus* n = 6

Annexe VI-5 . Relations entre l'ingestion de MS (y en g/kg p0,75) et la composition chimique des foins (g/kg MS)

Constituant chimique (X, Y)	Equations	ETR	r
MAT	$Y = 22,156 + 0,580 X$	7,43	0,94
NDF	$= 270,83 - 0,289 X$	13,99	0,766
ADF	$= 175,38 - 0,294 X$	11,89	0,837
ADL	$= 71,456 - 0,436 X$ NS	20,73	0,305
CB	$= 190,02 - 0,341 X$	10,84	0,867
MAT (X) + NDF (Z)	$= 71,911 + 0,506 X - 0,061 Z$ NS	33,03	0,941
MAT (X) + ADF (Z)	$= 38,885 + 0,528 X - 0,034 Z$ NS	26,44	0,935
MAT (X) + CB (Z)	$= 22,756 + 0,578X - 0,001 Z$ NS	37,17	0,934

Tableau annexe VIII-1 : Coefficients de corrélations (r^2) des différentes relations établies entre les teneurs (g/kg MS) en MAT et celles des constituants chimiques des parois.

Constituant	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>	<i>C. aculeatum</i>	<i>A. macrostachya</i>	<i>A. seyal</i>
NDF	0,52		0,22		
ADF	0,33			0,32	
ADL		0,38		0,47	0,23
CB	0,45				0,47
Hémicellulose	0,21	0,17		0,33	
Cellulose	0,45				

RÉSUMÉ

Les pâturages soudaniens se caractérisent par une production très variable sur le double plan quantitatif et qualitatif.

Les recherches effectuées ont porté essentiellement sur les espèces herbacées : graminées (*P. pedicellatum*, *B. lata*, *A. pseudapricus*, *A. gayanus*, *P. anabaptistum*) et légumineuses (*A. ovalifolius*, *S. erecta*, *Z. glochidiata*,) et les ligneux : légumineuses (*A. seyal*, *A. machrostachya*, *A. albida*) et autres (*B. aegyptiaca*, *C. aculeatum*, *Z. mauritiana*) les plus représentatifs de la zone, puis sur 4 types de formations végétales définies (Pâturage de plateau à dominante de graminées annuelles, pâturage de plateau à dominante de graminées vivaces, pâturage de bas-fond et pâturage intermédiaire entre le plateau et le bas-fond).

La première partie du travail est consacrée à une étude bibliographique concernant la biomasse, la composition chimique et la valeur nutritive des herbacées et ligneux. Un accent particulier est porté sur les ligneux, surtout sur leur spécificité par rapport aux herbacées.

La deuxième partie présente de façon succincte les caractéristiques de la zone d'étude et décrit les matériels et méthodes utilisés.

La troisième partie traite des résultats obtenus :

- La détermination de la biomasse de 5 graminées, 4 zones de pâturage sur 1 à 4 cycles complets de végétation ; la description de la phénologie de ces espèces et celle de 8 espèces de ligneux (sur 2 ans), font apparaître que la productivité limitée des animaux sur ces pâturages est plus en rapport avec un apport qualitativement que quantitativement déficient.

- La détermination de la composition chimique de 413 échantillons d'herbacées (plantes entières, organes et strates) et de 115 échantillons de ligneux (feuilles et fruits) a permis de caractériser les espèces composant le pâturage et a fourni des informations intéressantes pour une meilleure gestion des aires pâturées.

- Par ailleurs, 46 mesures de la digestibilité in vivo de fourrages herbacées et 42 de ligneux, mettent en évidence des différences importantes caractérisant ces 2 types de fourrages pour ce qui concerne : les teneurs en éléments nutritifs ; les modifications dans le temps de ces teneurs ; leurs valeurs d'utilisation (ingestibilité et digestibilité) de même que la prédiction de leurs valeurs énergétique et azotée.

- Enfin, 13 digestibilités in vivo de sous-produits agricoles et agro-industriels montrent que l'utilisation rationnelle de ces sous-produits pourrait pallier une part importante du déficit des pâturages naturels.

Mots clés :

Zone soudanienne, Herbacées, Ligneux, Biomasse, Phénologie, Composition chimique, Ingestibilité, Digestibilité, Prévision valeur nutritive.