

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

THESE

présentée à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier
pour obtenir le Diplôme de DOCTORAT

SPECIALITE : **ZOOTECHE, Nutrition Animale**

Formation Doctorale : **Sciences Agronomiques**

Ecole Doctorale : **Biologie des Systèmes intégrés, Agronomie, Environnement**

Laboratoire : **UZM, ENSA.M-INRA, Place Viata, 34060 Montpellier Cedex**

**VALORISATION DES FOURRAGES NATURELS RECOLTES
AU BURKINA FASO (ZONES SAHELIEENNE ET NORD-SOUDANIEENNE)
TRAITEMENT A L'UREE DE LA BIOMASSE.
UTILISATION PAR LES RUMINANTS**

par

Valérie BOUGOUMA-YAMEOGO

Soutenu le 22 Décembre 1995 devant le Jury composé de

M. CHENOST M.,	Directeur de recherche INRA, Theix	Rapporteur
M. CORDESSE R.,	Professeur ENSA.M	Directeur de Thèse
M. GUERIN H.,	Responsable Nutrition CIRAD-EMVT, Montpellier	Examineur
M. NIANOGO A.N.,	Maître-Assistant Université de Ouagadougou	Examineur
M. TISSERAND J.-L.,	Professeur ENESAD. Dijon	Rapporteur

DEDICACE

*A la mémoire de maman et à mon père en témoignage d'affection
et de reconnaissance, qu'il trouve ici la modeste
récompense de ses efforts et de son aide permanent.*

*A Jérôme mon époux et à nos filles Axelle et Tiffany pour les
nombreuses privations qu'ils ont enduré tout au long de ce
travail.*

*A mes beaux parents, mes frères Edgar et Séverin et à tous mes
amis pour leurs affections et leurs soutiens permanents.*

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier très sincèrement Messieurs :

- Jacques THIMONIER, Professeur et directeur de l'unité de Zootechnie Méditerranéenne pour avoir accepté de me recevoir dans son laboratoire durant ma formation et de corriger ce travail

- Michel CHENOST, Directeur de recherches à l'INRA de Theix, et Jean-Louis TISSERAND, Professeur à l'ENESA.D de Dijon, pour avoir accepté de juger ce travail, de participer au jury de soutenance de cette thèse et d'apporter leurs corrections pour la version finale de ce mémoire

- Hubert GUERIN, Responsable de la section Nutrition au CIRAD-EMVT, pour avoir accepté de siéger dans ce jury malgré ses multiples occupations. Merci également pour ses critiques constructives.

Le travail, qui a fait l'objet de ce mémoire, a été effectué sous la direction du professeur René CORDESSE, au Laboratoire de Zootechnie Méditerranéenne de Montpellier. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour l'aide efficace dont il a fait preuve à mon égard afin de mener à bien cette thèse. Sa haute compétence dans l'étude de la valorisation des résidus ligno-cellulosiques par le traitement à l'ammoniac, sa rigueur dans l'interprétation des résultats et ses conseils si précieux qu'il a toujours prodigués, ont été très utiles pour la réalisation de cette thèse. J'ai particulièrement apprécié ses qualités humaines, sa constante disponibilité et sa grande bienveillance. Je lui dois ma formation de chercheur et je ne saurais, sous ma plume, trouver les termes pour lui exprimer pleinement mes remerciements. Je suis très sensible à l'intérêt qu'il témoigne à ce travail.

La partie pratique de ce travail s'est effectuée à la station de l'I.N.E.R.A (Institut National d'Etudes et de Recherches Agronomiques) de Kamboinsé sous la direction de Aimé Joseph NIANOGO, Chef de programme Production Animale et Professeur à l'Institut du Développement Rural de Ouagadougou. A sa conception, ce travail devait être réalisé au sein du Projet Vivrier Nord Yatenga (PVNY), mais il a reçu l'agrément de l'équipe PA de Kamboinsé, puisqu'il s'inscrivait dans les priorités nationales de recherches définies par les autorités. De ce fait, il a été financé trois années consécutives sur le budget P.N.R.A du programme Production Animale de Kamboinsé. Je suis particulièrement reconnaissante à Monsieur NIANOGO de m'avoir intégrée dans son équipe et de l'intérêt qu'il a toujours témoigné à mon travail. J'ai beaucoup apprécié sa constante disponibilité malgré ses multiples occupations. Il a toujours accepté de me rencontrer et de discuter les différents aspects scientifiques de mon travail. Il m'a aidé efficacement à la résolution de nombreux problèmes de terrain qui nous ont fait parfois perdre espoir ; qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Comme vous allez le constater ce travail n'a pu être réalisé qu'avec le soutien effectif de nombreuses personnes auxquelles je suis heureuse d'exprimer ma reconnaissance :

- Monsieur TAMBOURA Hamidou, coordinateur du centre, qui pendant trois ans m'a apporté son appui et facilité même pendant les périodes difficiles de trésorerie, certaines opérations pour assurer le bon fonctionnement des expérimentations,
- Monsieur POISSONET Jacques, Conseiller Technique du chef de programme Production Animale, pour son soutien scientifique et financier. Il a accepté de mettre à notre disposition ses résultats qui nous ont permis de démarrer sans beaucoup de difficultés ce travail,
- Feu SOMDA Marcel, précédemment chef de station de Katchari-Dori, Mrs OUEDRAOGO Timregson, présentement chef de station de Katchari-Dori, KAFANDO et SANFO de la station de Saria, pour avoir contribué efficacement à la récolte et au transfert des fourrages de leur station d'origine à la station de Kamboinsé. Qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude ; ils sont souvent allés au-delà de leur mandat pour l'exécution de certaines opérations. Je les en remercie infiniment,
- au cours de ce travail, j'ai eu le plaisir d'encadrer un stagiaire de l'E.N.E.S.A. sur l'embouche ovine, une partie des résultats d'embouche lui revient,
- mes collègues thésards, NASSA Souleymane, OUIBGA Joachim, DABIRE Rémi et NEYA Samuel, les statisticiens ZOURE Honorât et DIABY, les techniciens, SANON Moumouni, OUEDRAOGO Sosthène, SIDIBE Ladjji et tous les manoeuvres qui sont intervenus dans les différents essais, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude,

C'est le lieu également de souligner les avantages tirés du cadre pluridisciplinaire du programme au sein duquel j'ai évolué ; les échanges avec les collègues des autres disciplines : physiologie de la reproduction, agrostologie et parasitologie, m'ont beaucoup aidée.

D'autres personnes ont droit également à ma reconnaissance :

- Madame INESTA Michèle pour m'avoir initiée aux techniques de laboratoire depuis mon DAA. Merci également pour son soutien moral durant ce séjour difficile, ses fréquentes stimulations et l'optimisme qu'elle a su faire partager pendant les moments de désespoir.
- Messieurs DULOR Jean-Paul, MOULIN Charles-Henri et Madame BONNET Claude, pour leurs critiques constructives et les corrections apportées à ce mémoire.
- J'exprime ma vive sympathie à ma collègue ZIMMER Nicole. Merci pour les fréquents coups de pouces.

Enfin, il m'est très agréable d'exprimer à tout le personnel administratif, chercheurs et techniciens du laboratoire de Zootechnie Méditerranéenne et de la Différenciation Cellulaire et Croissance, ma sincère reconnaissance ; ils m'ont beaucoup soutenue et encouragée pendant tout mon séjour. Je garderai un bon souvenir de toutes ces personnes qui se sont tournées un jour vers moi, pour m'apporter un peu de réconfort.

Que ceux qui n'ont pas été cités ici sachent, que je ne les oublie pas pour autant. J'espère avoir l'occasion de collaborer à nouveau avec vous tous et de bénéficier à nouveau de votre confiance.

A tous merci.

SOMMAIRE

LEXIQUE

INTRODUCTION GENERALE	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	7
INTRODUCTION	7
1.- PARAMETRES DE TRAITEMENT A L'UREE DES RESIDUS LIGNO-CELLULOSIQUES	8
1.1.- Interactions dose d'urée, taux d'humidité et durée de traitement sur l'efficacité du traitement	8
1.2.- Influence de la qualité initiale du substrat	12
2.- MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES PROVOQUEES PAR LE TRAITEMENT A L'AMMONIAC OU A L'UREE	15
2.1.- Méthodes chimiques	15
2.2.- Méthodes physiques	16
3.- INFLUENCE DU TRAITEMENT SUR LA VALEUR NUTRITIVE DU FOURRAGE	17
CONCLUSION	18

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES ET ESTIMATION DE LA DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE DE 4 FOURRAGES TROPICAUX TRAITES A L'AMMONIAC OU A L'UREE	20
--	-----------

INTRODUCTION	20
1.- MATERIELS ET METHODES	21
1.1.- Matériels	21
1.1.1.- Matériel végétal	21
1.1.2.- Urée et ammoniac	22
1.2.- Méthodes	22
1.2.1.- Protocole expérimental	22
1.2.2.- Mesures chimiques et biochimiques	25
1.2.3.- Mesures de dégradabilité <i>in situ</i> au niveau du rumen	26
2.- ANALYSE STATISTIQUE	27
3.- RESULTATS	28
3.1.- Composition chimique initiale des fourrages	28
3.2.- Composition chimique des produits traités	30
3.2.1.- Urée résiduelle	30
3.2.2.- Azote total (NT) et azote soluble (NS)	31
3.2.3.- NDF, Lau 1 et Lau 2 (cf. Tableaux 5, 6 et 7)	36
3.3.- Etudes des interactions	38
3.4.- Résultats de dégradabilité <i>in situ</i> au niveau du rumen	38
4.- DISCUSSION	42
CONCLUSION	48

**Chapitre II : INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE DE
PENNISETUM PEDICELLATUM (Pp.) ET *SCHOENEFELDIA GRACILIS*
(Sg.) DISTRIBUES EN L'ETAT, TRAITES A L'UREE OU
COMPLEMENTES EN MATIERES AZOTEES**

INTRODUCTION	49
1.- MATERIELS	50
1.1.- Rations testées	50
1.2.- Traitements des fourrages	51
1.3.- Animaux	52

2.- METHODES	53
2.1.- Allotement	53
2.2.- Protocole expérimental	53
2.2.1.- Alimentation	53
2.2.2.- Collecte des données	54
2.3.- Analyses chimiques	55
2.4.- Calculs	55
3.- ANALYSES STATISTIQUES	55
4.- RESULTATS	56
4.1.- Composition chimique des rations testées	56
4.2.- Ingestibilité et digestibilité	58
4.2.1.- Essai 1 : <i>Pennisetum pedicellatum</i>	58
4.2.2.- Essai 2 : <i>Schoenefeldia gracilis</i>	59
4.2.3.- Essai 3 : Ingestibilité de Sg. récolte précoce avec ou sans conservateur	61
5.- DISCUSSION	63
CONCLUSION	67

Chapitre III : PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES D'ANIMAUX ALIMENTES A PARTIR DU *PENNISETUM PEDICELLATUM* TRAITE OU NON

A. - : INFLUENCE DE LA QUALITE DU FOURRAGE, DE LA SOURCE D'AZOTE, SUR LE NIVEAU DE PRODUCTION LAITIERE DE BREBIS⁶⁹

INTRODUCTION	69
1.- OBJECTIF DE L'ETUDE	70
2.- MATERIELS ET METHODES	71
2.1.- Animaux	71
2.1.1.- Choix des sujets	71

2.1.2.- Soins	71
2.2.- Rations	71
2.3.- Logement	73
3.- METHODES	73
3.1.- Allotement	73
3.2.- Collecte des données	74
3.2.1.- Contrôle laitier quantitatif	74
3.2.2.- Contrôle laitier qualitatif	75
3.2.3.- Contrôle des quantités ingérées	75
3.2.4.- Contrôle de l'évolution pondérale et notation de l'état corporel	76
3.3.- Analyses chimiques	76
4.- ANALYSE STATISTIQUE	76
5.- RESULTATS	77
5.1.- Quantités de lait produites	78
5.2.- Evolution de la composition chimique du lait	81
5.3.- Evolution des quantités ingérées	81
5.4.- Evolution pondérale des brebis	82
6.- DISCUSSION	84
CONCLUSION	85
B : INFLUENCE DE LA QUALITE ET DU TAUX DE FOURRAGE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET D'ENGRAISSEMENT DE BELIERS DJALLONKE	86
1.- JUSTIFICATION DU CHOIX EXPERIMENTAL	86
2.- MATERIELS	86
2.1.- Animaux	86
2.2.- Aliments	87
2.2.1.- Fourrages testés	87
2.2.2.- Concentré utilisé	88

	v
3.- METHODES	89
3.1.- Allotement	89
3.2.- Collecte des données	91
4.- ANALYSE STATISTIQUE	92
5.- RESULTATS	92
5.1.- Evolution pondérale et évolution de la consommation	92
5.2.- Incidence du type de rationnement sur les caractéristiques de l'habillage	97
5.3.- Résultats de découpe des carcasses	99
5.4.- Bilan financier	100
6.- DISCUSSION	102
CONCLUSION	104
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	106
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	109
PUBLICATIONS ACCEPTEES A CE JOUR	134

LEXIQUE

Symboles	Définitions
°C	degré celsius
ADF	acid detergent fiber
ADL	acid detergent lignin
Ap	<i>Andropogon pseudapricus</i>
AT	apport théorique
Ca	calcium
CMV	complément minéral vitaminique
CUDa	coefficient d'utilisation digestive apparente
DT	dégradabilité théorique
E.S.	erreur standard
g	gramme
GMQ	gain moyen quotidien
h	heure
ha	hectare
IEMVT	institut d'élevage et de médecine vétérinaire
kg	kilogramme
l	litre
Lau 1	composés phénoliques solubles dans un tampon
Lau 2	composés phénoliques solubilisés par le traitement alcalin fort
MAT	matières azotées totales
MG	matière grasse
ml	millilitre
MM	matière minérale
mn	minute
MO	matière organique
MOD	matière organique digestible
MODi	matière organique digestible ingérée
MS	matière sèche
N.S.	non significatif
NAD	nicotinamide-adénine dinucléotide
NADH,H ⁺	nicotinamide-adénine dinucléotide réduit
NDF	neutral detergent fiber
NEC	note d'état corporel

NH3	ammoniac
NS	azote soluble
NT	azote kjeldahl
nt	non traité
P	phosphore
p ^{0,75}	poids métabolique
PDI	Protéines réellement digestibles dans l'intestin grêle
PDIA	= Protéines réellement digestibles dans l'intestin grêle d'origine alimentaire
PDIME	= Protéines réellement digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne permise par l'énergie
PDIMN	= Protéines réellement digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne permise par l'azote
PDIN	= PDIA +PDIMN
Pl	<i>Panicum laetum</i>
PMAS	poids mort après saignée
Pp	<i>Pennisetum pedicellatum</i>
Pr	paille de riz
PV	poids vif
PVF	poids vif final
QI	quantités ingérées
Sg	<i>Schoenefeldia gracilis</i>
UFL	unité fourragère lait
UFV	unité fourragère viande
UR	urée résiduelle

SUMMARY

Title : Valorization of tropical browse forages in Burkina Faso. Treatment of the forages with urea. Utilization by ruminants.

The general topic of this study is to optimize breeding system in Burkina Faso by the valorization of browse forages harvested precociously or belatedly, treated with urea or with added concentrate.

In a first time, alkali treatments of 4 tropical forages (C4) were tested, whereas rice straw was used as control. The nitrogen fixation rate was different between C4 and C3 forages but intensity of cell-wall modifications is lower for C4 type. Urea or ammonia treatments improved significantly the *in situ* degradability of 4 tropical forages ($P < 0,05$). Urea at the dose of 6 %, moisture of 40 % were choised for 30 day treatment.

Three digestibility trials were conducted then with *Pennisetum pedicellatum* and *Schoenefeldia gracilis* harvested precociously or belatedly, treated with urea or with added concentrate. Urea treatment improved significantly intake and digestibility. In fact, the nutritive value of forages treated reached the same value than the forage harvested precociously. The precocious harvest have a low digestibility because of the presence of inflorescences. Treatment at 2 % urea increased ingestibility at level of 52.5 g/kg $P^{0.75}$ against 34.7 for untreated forage. Complementation increased also ingestibility (61.5g/kg $P^{0.75}$) and digestibility (58.7 %) of harvested forage belatedly.

In dairy production, the real effect of urea treatment was showed on dairy quantity of DM and protein matter when diet received was untreated straw or added urea as complement.

Mean daily weight gains of 57 to 89 g were observed in growth trial with 25 to 50 % complementation. Performances observed with forages harversted precociously and belatedly treated were identical. The two diets studied, *Pennisetum pedicellatum* harversted precociously or belatedly and treated with 6 % urea, showed the best economic result. Producer must combine these proposals with management of his production system and the dealing payment.

KEY-WORDS : Tropical browses forages - Urea and ammonia treatment -Ruminants - Ingestibility Dairy production - Growth-finishing.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La présente étude a été réalisée au Burkina Faso, pays sahélien continental et enclavé, situé au coeur de l'Afrique de l'Ouest entre les parallèles 9°20' et 15°05' de latitude Nord et les méridiens 2° 03' de longitude Est et 5°20' de longitude Ouest. Il est bordé au Nord par le Niger et le Mali et au Sud par la Côte d'Ivoire, le Togo et le Bénin (Figure 1). Ce pays couvre une superficie de 274 000 Km².

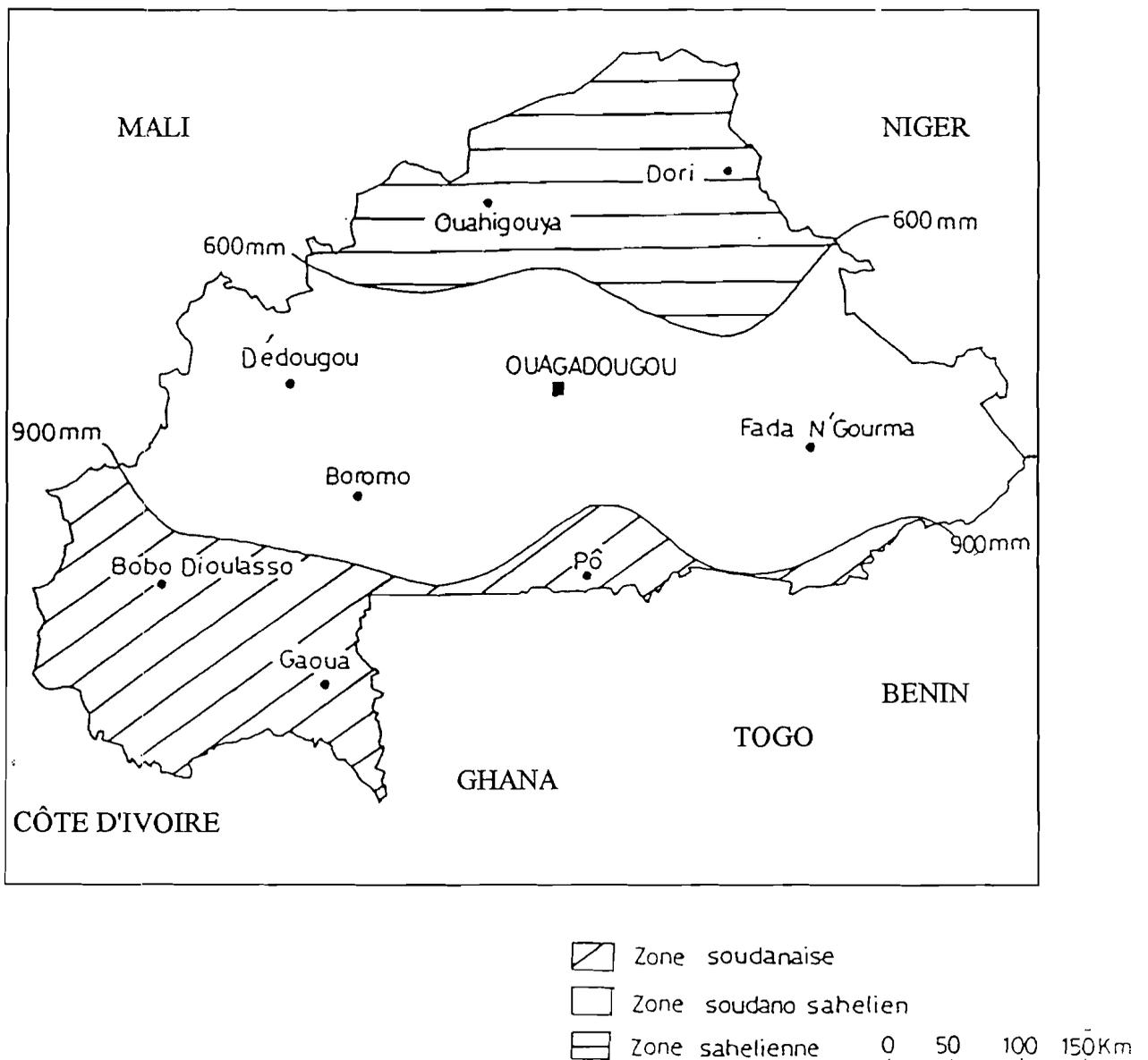


Figure 1 : Carte de situation éco-climatique du Burkina Faso

Le recensement de 1985 estimait la population du Burkina à 7 964 705 habitants. Si les tendances démographiques actuelles se maintiennent, sa population passera à 12 000 000 en l'an 2 000. Cette population est essentiellement rurale (94 p.100) avec une répartition déséquilibrée sur l'ensemble du pays. Plus de 90 p.100 de la population totale vivent dans les parties arides et semi-arides du pays correspondant aux zones sahélienne et nord-soudanienne qui couvrent deux tiers du territoire. En effet, dans la partie sud-soudanienne, la disponibilité fourragère est importante mais les maladies contagieuses, l'onchocercose et la trypanosomose animale notamment, entravent l'activité humaine et la pratique de l'élevage.

C'est pourtant, un pays à vocations agricole et pastorale où le secteur élevage représentait, en 1978, 36 p.100 des exportations totales. La sécheresse de 1980 a fait chuter cette part à 6 p.100 en 1983 et, en 1986, elle remonte à 14 p.100. Dans ce secteur, l'élevage des petits ruminants joue un rôle important. Selon le Bulletin Statistique de L'Élevage de 1993, les effectifs s'élèvent à 5,5 millions d'ovins et 7 millions de caprins contre 4,2 millions de bovins. Le rôle socio-économique des ovins est également important ; ils interviennent dans toutes les cérémonies de baptêmes, mariages et décès, et son élevage est surtout destiné à l'autosatisfaction des besoins quotidiens.

La contribution des petits ruminants dans les exportations du bétail est d'environ 32,6 p.100 en 1993 ; elle représente une augmentation de 67 p.100 par rapport à 1992 (MARA, 1993). La récente dévaluation du franc CFA a augmenté considérablement cette pression d'exportation. En effet, la variation des exportations entre le premier semestre 1993 et le premier semestre 1994 a montré une augmentation de 144 p.100 pour les bovins, 53 p.100 pour les ovins et 109 p.100 pour les caprins ; cette augmentation est liée à l'inaccessibilité des viandes extra-africaines aux pays côtiers qui se tournent maintenant vers leurs voisins sahéliens. Cette situation s'est accompagnée d'une diminution d'environ 30 p.100 des abattages et d'une augmentation du prix de vente de la viande au consommateur (communication du Directeur de l'abattoir frigorifique de Ouagadougou au cours d'une émission de télévision). Ceci est catastrophique quand on sait que nos pays en voie de développement sont, dans l'ensemble, déficitaires en protéines d'origine animale. Aussi, des solutions rapides devront être dégagées pour faire face à l'augmentation des exportations favorisées par la dévaluation, tout en maintenant l'équilibre du marché intérieur. Cet objectif peut être atteint par la mise au point de systèmes d'élevages améliorés. Dans le contexte d'ajustement structurel que connaît le pays, l'élevage peut jouer un rôle important par l'entrée de devises que procurent les exportations du bétail. Les récentes mesures de suppression des droits de sortie du bétail témoignent de la volonté des pouvoirs publics d'aller dans ce sens (TEZENAS du MONTCEL, 1994).

Comme dans la plupart des pays de la zone sahélienne et soudanienne, le pâturage naturel constitue la base et même la quasi totalité de l'alimentation du cheptel en saison pluvieuse. Pendant la saison sèche, la contribution des résidus de récolte est appréciable (GUERIN, 1988). Que ce soit le pâturage naturel ou les résidus de récolte, la valeur nutritive

de ces fourrages est médiocre et les animaux reçoivent très peu ou pas de complémentation. Cette complémentation est constituée de résidus de récolte (fanés d'arachide, de niébé...), des produits d'activités familiales (son de céréales...) ou, le plus souvent, de sous-produits agro-industriels (graine de coton, tourteau de coton, son de blé ...). Le fourrage naturel constitue donc une source alimentaire très importante pour les ruminants dans cette partie du monde. Cependant, ce pâturage naturel subit de grosses variations quantitatives et qualitatives au cours de l'année et ne permet de couvrir les besoins alimentaires des ruminants que pendant une très courte période de l'année : trois à six mois de la saison pluvieuse, selon la zone géographique. A cette période d'abondance succède une longue période sèche au cours de laquelle le pâturage devient très déficient en qualité et parfois en quantité, du fait de certaines pratiques culturales néfastes existantes. En effet, dans les régions de savane de l'Afrique sub-saharienne, le feu est souvent utilisé comme un instrument de gestion des terres, pour défricher la terre en vue de la mise en culture, pour contrôler les insectes nuisibles, pour gérer la chasse aux gibiers, pour détruire la strate herbacée en fin de saison sèche et favoriser la repousse des herbages de meilleure qualité mais en quantité moindre (GILLON, 1983). Au Sahel, le brûlage n'est possible que dans le sud où il y a une quantité suffisante de biomasse combustible pour entretenir le feu. Les feux ont une action néfaste prépondérante dans cette zone. Ils entraînent la disparition de nombreuses espèces de plantes (DEREIX et N'GUESSAN, 1976) et laissent présager des changements dans la flore. Ils affectent également la composition chimique de l'atmosphère, ce qui pourrait contribuer à un changement du climat (SEILER et CRUTZEN, 1980 ; CRUTZEN *et al.*, 1985).

C'est au cours de la longue période sèche que le déficit, surtout qualitatif, du fourrage constitue le facteur majeur limitant le développement de l'élevage dans cette partie du monde. Pourtant, les quantités de fourrages disponibles, variables selon les espèces et la zone écologique, sont encore importantes : 3 000 à 9 000 kg de MS/ha en zone nord-soudanienne (ZOUNGRANA, 1994) ; 500 à 1 000 kg de MS/ha en zone sahélienne (GUERIN, communication personnelle). En revanche, la qualité de ces fourrages est très médiocre ; elle se caractérise par une teneur insuffisante en azote total (moins de 20 g MAT/kg de MS), en azote fermentescible, mais par une teneur élevée en parois. La forte teneur en lignocellulose limite la digestibilité de la matière organique et les quantités ingérées (DEMARQUILLY *et al.*, 1981). Les besoins d'entretien des animaux nourris avec ces fourrages sont rarement couverts (GUERIN *et al.*, 1988) et même deux tiers de ces besoins pour JARRIGE (1987). Ceci explique les fréquentes chutes de poids des animaux alimentés sur ces parcours ou avec de tels fourrages récoltés et distribués en l'état à l'auge.

Un autre élément important à prendre en considération est l'extension des surfaces cultivées, particulièrement sur le plateau central, les agriculteurs deviennent aussi propriétaires d'animaux. Il en résulte un rétrécissement de l'espace naturel pastoral qui se confond dans

certains cas aux espaces de champs de culture laissés en jachère (ZOUNGRANA et KABORE-ZOUNGRANA, 1992). De tels changements s'opposent à la viabilité du système d'élevage traditionnel, basé essentiellement sur la mobilité du bétail. Ceci implique une valorisation des fourrages naturels et/ou des résidus de récolte très déficients en azote et en phosphore (PENNING de VRIES et DJITEYE, 1982).

Pour permettre une bonne utilisation de ces fourrages, certains auteurs préconisent une complémentation systématique des animaux pendant cette période. Cette complémentation apporte, l'azote et l'énergie nécessaires pour optimiser l'activité cellulolytique dans le rumen et permettre une meilleure utilisation des fourrages (CHENOST, 1987). Cependant, depuis la dévaluation du franc CFA, la complémentation des animaux à partir de produits agroindustriels rencontre un double obstacle :

- le premier, d'ordre économique, est lié au prix élevé des sous-produits agro-industriels qui ne permettent pas leur utilisation par la plupart des agriculteurs ou des éleveurs,
- le second est lié à la disponibilité de ces sous-produits sur le marché intérieur. En effet, la totalité des tourteaux d'arachide et une grande partie des graines de coton de second choix sont exportées vers les pays industrialisés notamment l'Allemagne. De plus, ces produits ne sont disponibles ni toute l'année, ni sur l'ensemble du pays.

L'amélioration de la productivité du cheptel passe donc par une utilisation rationnelle du disponible fourrager des pâturages naturels. Elle implique :

- l'évaluation de la composition floristique, des études de la biomasse, mais également de la valeur nutritive de ces ressources alimentaires, ont été déjà amorcées par plusieurs auteurs (GUINKO, 1984 ; GROUZIS, 1988 ; FOURNIER, 1990 ; ZOUNGRANA, 1991 ; ACHARD, 1993).
- l'amélioration de la valeur nutritive des fourrages naturels par des traitements pour stimuler les performances de production. Ces traitements pourraient être l'ensilage mais aussi les traitements aux alcalis.

En milieu tropical, la réalisation d'ensilage est quasiment impossible. En effet, les fourrages tropicaux très riches en lignine et très pauvres en glucides solubles, ont tendance à favoriser les fermentations indésirables. La température élevée de ces régions contribue à accélérer ces phénomènes (OJEDA *et al.*, 1989). De plus, la mécanisation poussée de la technique entrave son développement. La réalisation de foin rencontre également un obstacle en raison de l'intensité des précipitations. Elle n'est possible qu'à partir de mi-septembre, date à laquelle le nombre de jours de pluies de la zone diminue (ZOUNGRANA, 1994). Le traitement à l'urée, appliqué en période humide à des fourrages avant maturité, pourrait jouer le double

rôle améliorateur de la valeur nutritive, et de conservateur en lieu et place des foins impossibles à réaliser à cette époque de l'année. La vulgarisation de cette technique ne sera pas aisée. Car, à cette période de l'année, les agriculteurs ou les éleveurs ne sont pas encore totalement libérés de leurs travaux champêtres qui se terminent vers la fin du mois d'octobre, moment où le fourrage est en pleine maturité.

La technique de traitement des pailles par les agents alcalins est très ancienne. Les traitements avec la soude sont utilisés dès les années 1920 (KELLNER *et al.*, 1914 ; BECKMANN, 1921), ceux à l'ammoniac à partir des années 1970 (SUNDSTØL, 1978; HORTON, 1978) et ceux à l'urée plus récemment encore (JAYASURIYA et PEARCE, 1983 ; WILLIAMS *et al.*, 1984 ; DIAS-DA-SILVA *et al.*, 1988). De nombreuses études ont souligné l'effet positif de ces traitements sur l'augmentation de la digestibilité et des quantités ingérées des produits traités, en outre, les traitements à l'ammoniac et à l'urée accroissent les teneurs en azote utilisable par le ruminant. Dans les pays d'Afrique, malgré de nombreuses tentatives la technique n'est pas vulgarisée, son application reste encore embryonnaire. C'est cette technique que nous allons expérimenter au cours de cette étude.

Des programmes de développement, soutenus par la FAO, sont engagés depuis 1980 : parmi lesquels ceux du Bangladesh, du Sri Lanka (SAADULLAH *et al.*, 1981 ; SCHIERE *et al.*, 1988), de Chine (DOLBERG et FINLAYSON, 1995) et du Niger (SOURABIE *et al.*, 1995).

- En Chine, après un début timide en 1985, la technique du traitement à l'urée des pailles de céréales, dans le cas des petites structures, parfois à l'ammoniac dans les grandes structures, a été adoptée par les éleveurs de bovins de boucherie. Six millions de tonnes de fourrage ont été traités en 1992 (DOLBERG et FINLAYSON, 1995).

- Au Niger, pays sahélien riverain du Burkina Faso, la technique semble connaître un essor favorable après quelques années sans succès. Depuis 1991, elle se développe dans la partie Ouest du pays. Les quantités traitées de résidus de récolte ou de paille de brousse après récolte, sont passées de 321 tonnes en 1992 à 397 tonnes en 1994 (SOURABIE *et al.*, 1995).

- Au Burkina Faso, seulement quelques travaux de traitement de résidus de récolte ont été réalisés dans le cadre de diplômes de dernière année d'études (OUIBGA, 1985 ; HEBIER, 1989 ; OUEDRAOGO, 1990 ; NIANOGO *et al.*, 1991).

Pour ce qui me concerne, à la suite de mon DEA, au cours duquel j'ai défini les conditions favorables au développement des bactéries uréolytiques lors du traitement à l'urée d'une paille de blé, j'ai entrepris d'expérimenter cette technique sur les fourrages tropicaux, une étude plus poussée était nécessaire. L'amélioration de leur valeur nutritive devrait permettre de répondre aux besoins des animaux très souvent en déficit alimentaire et incapables d'exprimer leur potentiel génétique dans les conditions traditionnelles de l'élevage Burkinabé.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

La présente contribution porte sur l'amélioration et la conservation de ces fourrages récoltés soit à un stade végétatif tardif (pailleux), soit à un stade de début épiaison en période de fin de saison humide ainsi que leur utilisation par les ruminants.

Cette étude s'est déroulée dans le cadre plus général du programme de l'Institut National d'Etudes et Recherches Agricoles sur l'évaluation des ressources fourragères leur gestion et leur exploitation raisonnées, en vue d'améliorer l'apport alimentaire, qui est reconnu aujourd'hui par les acteurs du développement comme le premier frein au développement de l'élevage dans ce pays.

Ce mémoire comporte deux parties, l'une bibliographique, l'autre expérimentale.

La revue bibliographique est destinée à définir le contexte scientifique et technique dans lequel s'inscrivent nos recherches et en faciliter la compréhension. Une synthèse bibliographique des résultats du traitement des résidus ligno-cellulosiques à l'urée et à l'ammoniac y est présentée.

La partie expérimentale comprend trois études :

La première a eu pour but de tester la réactivité aux traitements à l'urée de quelques fourrages naturels les plus représentatifs des zones climatiques sahélienne et nord soudanienne. Ces végétaux ont été retenus en raison de leur importance quantitative dans chaque zone. Cette épreuve de test a été réalisée *in vitro* sur de petits échantillons.

La deuxième a permis de calculer *in vivo* la valeur nutritive des fourrages traités : ingestibilité, digestibilité. Les conditions de traitements ont été déterminées au cours de la première étude.

La troisième a eu un objectif plus zootechnique. Un fourrage (*Pennisetum pedicellatum*) récolté à un stade précoce ou tardif, traité ou non à l'urée, a constitué la fraction grossière de rations distribuées à des lots de brebis et de béliers Djallonké variété locale "Mossi" en vue de contrôler leurs performances de lactation ou de croissance-finition (embouche). Une complémentation avec un aliment concentré était assurée.

Les grandes lignes de cette contribution seront dégagées dans une conclusion générale, qui permettra de proposer des techniques d'élevage compatibles avec la protection de l'environnement.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

Les résidus ligno-cellulosiques sont connus pour leur valeur nutritive médiocre : digestibilité et valeur azotée faible et parallèlement valeur d'encombrement élevée. Lorsque leurs structures végétales sont modifiées par les traitements alcalins, ils sont susceptibles de constituer une ressource alimentaire de meilleure qualité. Parmi les bases utilisables, l'ammoniac retient notre attention : il améliore la digestibilité et la valeur azotée des produits traités alors que la soude, base plus forte, n'améliore que la digestibilité.

Depuis la mise au point de la technique de traitement des pailles à l'ammoniac par SUNDSTØL *et al.* (1978), cette pratique s'est vite développée. Plusieurs auteurs ont contribué à cet essor : HARTLEY et JONES (1978), CORDESSE et TABA TABAI (1981 a et b). Aujourd'hui, elle est vulgarisée en France et utilisée dans de nombreuses exploitations françaises (DULPHY et THIBAUT, 1987). Ce traitement, bien qu'élégant et pratique par rapport à celui à la soude, ne peut être envisagé dans les pays en voie de développement en raison de la technicité qu'il demande et de l'indisponibilité de l'ammoniac anhydre.

Une alternative intéressante est l'utilisation de l'urée qui donne de l'ammoniac par uréolyse. Ce traitement a connu son essor depuis les années 1980 avec en particulier les travaux de WILLIAMS et INNES (1982), HADJIPANAYITOU (1982), JAYASURIYA et PEARCE (1983), DIAS-DA-SILVA *et al.*, (1988). L'urée a pour avantage d'être un produit facilement disponible, de coût faible, non dangereux dans sa manipulation et n'ayant pas de contraintes de stockage. Le traitement à l'urée est effectué avec succès en Inde (JAYASURIYA et PEARCE, 1983), au Bangladesh (SAADULLAH *et al.*, 1981) et en Chine (DOLBERG et FINLAYSON, 1995). Par contre, en Afrique tropicale, malgré de multiples initiatives des organismes de développement, son utilisation reste encore limitée à quelques pays, notamment le Niger et la Mauritanie.

En milieu tempéré, CORDESSE (1987) décrit les paramètres du traitement des pailles à l'ammoniac anhydre et CHENOST (1994) fait une analyse sur l'importance de ces paramètres dans le cas du traitement des pailles à l'urée. Il s'agit donc pour nous, de présenter les caractéristiques des traitements alcalins afin de situer le contexte et la conduite qui seront adoptés au cours de notre étude expérimentale. Après avoir rappelé les principaux paramètres qui influencent le traitement à l'urée, nous analyserons leur impact au niveau des structures physiques et chimiques des pailles de céréales et nous indiquerons les améliorations permises par ce traitement. Ces résultats seront évalués par rapport à ceux du traitement à l'ammoniac.

1.- PARAMETRES DE TRAITEMENT A L'UREE DES RESIDUS LIGNO-CELLULOSIQUES.

1.1.- Interactions dose d'urée, taux d'humidité et durée du traitement sur l'efficacité du traitement

Dans le cas du traitement à l'ammoniac anhydre, les résultats sont nombreux et bien connus ; tous les auteurs s'accordent pour retenir des doses d'ammoniac comprises entre 3 et 5 p.100 car elles constituent un optimum permettant un équilibre entre l'obtention d'un produit de qualité et des impératifs économiques (WAAGEPETERSEN et VESTERGAARD THOMSEN, 1977 ; SUNDSTØL *et al.*, 1979). Au-delà de ces doses, les améliorations obtenues sont faibles. La dose moyenne utilisée dans les exploitations françaises est de 4,2 p.100 (GRENET, 1987).

En se basant sur les valeurs pratiquées dans les traitements à l'ammoniac et en sachant que 60g d'urée donnent 34g d'ammoniac si l'uréolyse est complète, les doses optimales théoriques du traitement à l'urée devraient être comprises entre 6 et 9 p.100. Mais les résultats de la bibliographie, révèlent une plage plus large de 4 à 9 p.100 (Tableau 1). Cette grande variabilité de la dose peut être liée à la nature du fourrage et aux conditions expérimentales mises en jeu. En effet, DIAS-DA-SILVA et GUEDES (1990), en étudiant 24 variétés de céréales de cultivars et de localité différents, montrent l'existence d'une large variation de composition chimique et de digestibilité résultant du type de cultivar et de l'environnement.

Les doses de 4 p.100, apportant théoriquement 2,3 p.100 d'ammoniac semblent cependant être trop faibles pour entraîner des modifications appréciables de la structure des substrats. Pourtant, certains auteurs la retiennent comme dose optimale, c'est le cas pour YADAV et YADAV (1988) et de SCHIERE *et al.* (1988) au Sri Lanka.

La dose élevée de 8 p.100 ne semble pas apporter d'amélioration supplémentaire par rapport à celle de 6 p.100 ainsi que le montrent BESLE *et al.* (1990) sur la paille de blé et CHENOST *et al.* (1993) sur des tiges de maïs.

Ce plafonnement de la dose peut s'expliquer par l'activité de l'uréase, enzyme qui dégrade l'urée en ammoniac. En effet, RACHHPAL-SINGH et NYE (1984), étudiant l'activité de l'uréase en fonction de doses croissantes d'urée, montrent que l'augmentation de la concentration en urée entraîne une augmentation de l'activité uréasique jusqu'à un maximum, puis aux fortes concentrations en urée, cette activité décroît (Figure 2). Cet auteur explique ce résultat par l'inhibition de l'enzyme aux fortes concentrations en urée et SAHNOUNE (1987) l'attribue à l'excès d'ions NH_4^+ . En effet, la réaction d'uréolyse suit le modèle cinétique défini par l'équation de MICHAELIS-MENTEN, impliquant trois paramètres : la vitesse maximale (V_{max}), la constante michaelienne (K_m), et une constante d'inhibition (K_i). La réaction

Tableau 1 : Conditions optimales de traitement à l'urée selon la bibliographie.

Type de paille	Dose d'urée (% MS)	Humidité (% MS)	Température (°C)	Durée (jours)	Uréase	Urée résiduelle	Références
Paille de blé	4	>25	>20	>60	30g/l jus de rumen	-	SAHNOUNE, 1990
Paille de céréale	8	30	-	49	1,6kg de FS/100kg	Traces	BESLE <i>et al.</i> , 1990a
Paille de blé	6	30	-	126	FS+mélasse	-	BESLE <i>et al.</i> , 1990b
Paille de blé	8	25	15-25	56	+FS	25,2g/kg MS	CHERMITI <i>et al.</i> , 1989
Paille de blé	7	33	30	30	-	-	YAMEOGO-BOUGOUMA <i>et al.</i> , 1993
Paille d'orge	4	45	37	30	-	-	ABDOULI et KHORCHANI, 1987
Paille d'orge	4	25-30	3-35	56	±	-	MUÑOZ <i>et al.</i> , 1991
Paille d'orge	4	25	21	42	-	-	COLUCCI <i>et al.</i> , 1992
Paille de riz	5		ambiante	-	-	-	DOLBERG <i>et al.</i> , 1981
Paille de riz	4	30	30	-	-	-	YADAV et YADAV, 1988
Tiges de cannes	9	60	24-25	42	±	-	HASSOUN <i>et al.</i> , 1989
Tiges de Maïs	6	40	ambiante	-	-	-	CHENOST <i>et al.</i> , 1993
Tiges de sorgho	5		ambiante	-	-	-	IFTIKHAR, 1991

FS = farine de soja ; ± nécessaire dans certains cas.

d'uréolyse est très rapide. Environ, 2 000 molécules d'urée entrent en collision de façon effective avec une molécule d'uréase par seconde (MACK et VILLARS, 1923).

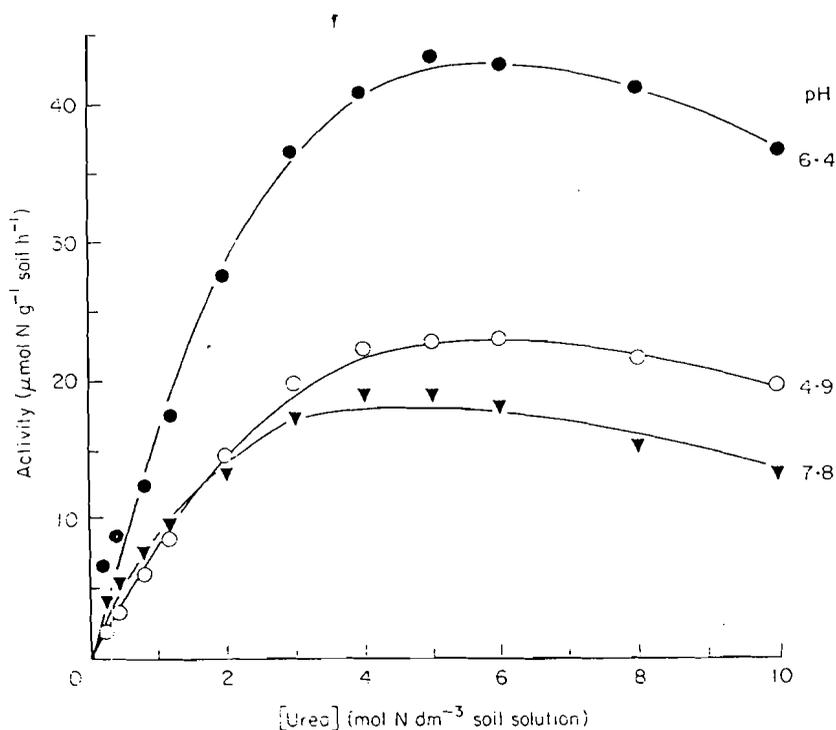


Figure 2 : Effet de la variation de la concentration du substrat sur l'activité de l'uréase, à différents pH (RACHHPAL-SINGH et NYE, 1984).

L'importance de l'activité de l'uréase varie également avec d'autres paramètres :

- le pH du milieu : à pH 6,4, son activité est optimisée (Figure 2) que les uréases soient extraites des graines de soja (ROBERGE et KNOWLES, 1968) ou extraites du sol (PETIT *et al.*, 1976).

- le taux d'humidité des fourrages traités : dans le cas du traitement à l'ammoniac, les doses d'humidité varient dans une plage étroite de 18 à 20 p.100 (SOLAIMAN *et al.*, 1979 ; KIANGI *et al.*, 1981 ; GUILLERMIN, 1984). Par contre, dans le cas du traitement à l'urée le Tableau 1 montre des taux variant entre 25 et 60 p.100. Sans addition d'uréase, l'uréolyse est totale avec des humidités comprises entre 33 et 60 p.100. Au dessous de 30 p.100 d'humidité, l'addition d'uréase, apportée soit par de la farine de soja (uréases d'origine végétale) soit par le jus de rumen (uréases d'origine microbienne), semble nécessaire à l'obtention d'une uréolyse totale. Seule exception : COLUCCI *et al.* (1992) avec des pailles d'orge, d'avoine et de blé traitées à 4 p.100 d'urée, 25 p.100 d'humidité n'utilisent pas d'uréase et ne signalent pas d'urée résiduelle.

Dans de nombreuses études, de telles uréases sont ajoutées aux pailles au moment du traitement à l'urée afin d'accélérer les réactions d'uréolyse, de limiter le volume d'eau à apporter et de diminuer les quantités d'urée résiduelle (JAYASURIYA et PEARCE, 1983 ; MAKKAR et SINGH, 1987 ; DIAS-DA-SILVA *et al.*, 1988 ; BESLE *et al.*, 1990b ; SAHNOUNE, 1990).

Par contre, l'humidité de 60 p.100 est peut être élevée : CHENOST *et al.* (1993), en testant des teneurs de 50 et 60 p.100, ont montré un effet défavorable sur la fixation d'azote à 60 p.100 d'humidité et proposent des taux compris entre 35 et 40 p.100, qui sont généralement appliqués (Tableau 1).

- la température : elle intervient à plusieurs niveaux. Dans le cas des traitements à l'ammoniac, les réactions chimiques répondent à la loi du Q10 (réaction exothermique), l'augmentation de la température accélèrent les vitesses de réaction (WAAGEPETERSEN et VESTERGAARD THOMSEN, 1977 ; TOMAR et MacKENZIE, 1983). Dans le cas du traitement à l'urée, l'action de la température conditionne les réactions enzymatiques. Avec des uréases extraites des micro-organismes du sol ou de la graine de soja, PETIT *et al.* (1976) montrent que la stabilité des uréases est optimale entre 25 et 35 °C et que l'activité uréasique est détruite pour des échantillons maintenus un jour à une température supérieure à 70 °C. MAKKAR et SINGH (1987) confirment ces résultats en traitant une paille de blé à différentes températures 4, 22 et 37°C en présence de jus de rumen. Ils montrent un niveau d'uréolyse maximal pour la température de 22°C ; l'uréolyse est plus faible à 37°C, encore plus à 4°C.

- l'origine des uréases : les uréases d'origine végétale sont présentes dans les graines de soja et de pois sabre (*Canavalia ensiformis*) mais sont absentes ou peu abondantes dans les résidus lignocellulosiques (YAMEOGO-BOUGOUMA *et al.*, 1993). Les études de CHATE et BILANSKI (1979), WILLIAMS *et al.* (1984a), HASSOUN (1987) avec des substrats différents (respectivement paille de blé et tiges de cannes à sucre) montrent que la flore microbienne présente pouvait être suffisante pour assurer l'uréolyse. En effet, YAMEOGO-BOUGOUMA *et al.* (1993) montrent sur du matériel végétal (paille de blé) qu'il existe des bactéries d'origine tellurique, à propriétés uréasiques, capables de se multiplier, et d'assurer ainsi des conditions favorables à l'hydrolyse complète de l'urée. Cette étude montre également qu'avec une température constante de 30°C, une dose d'urée de 7 p.100, des pailles humidifiées à 33 p.100 d'humidité, peuvent être traitées sans avoir recours à une source exogène d'uréase, grâce à la sélection et à la multiplication d'une flore microbienne uréasique présente naturellement. Les températures favorables à la croissance bactérienne sont donc à rechercher. Celles comprises entre 20 et 35 °C, souvent atteintes en milieu tropical, sont les plus adaptées.

- la durée de traitement à l'ammoniac : elle est directement liée à la température au sein de la meule. Des durées de un à deux mois sont recommandées en hiver (CHOMYSZYN

et ZIOLECKA 1972 ; WAAGEPETERSEN et VESTERGAARD THOMSEN, 1977) et 24 heures suffisent si le traitement est réalisé en enceinte chauffante.

Avec les traitements à l'urée, les activités microbiennes et enzymatiques sont primordiales et la température doit être compatible avec ces phénomènes biologiques, c'est à dire, comprise entre 20 et 35 °C. En effet nous avons montré, (YAMEOGO-BOUGOUMA *et al.*, 1993), qu'avec une température de 30°C et une dose d'urée de 7 p.100, l'uréolyse est réalisée à 90 p.100 au bout de 7 jours et est totale après 30 jours de traitement. Les durées de traitement plus longues ne sont pas préjudiciables (SUNDSTØL *et al.*, 1978). Un compromis de 30 à 60 jours de traitement peut être envisagé et permet d'éliminer les risques d'urée résiduelle dans les produits traités. En effet, des quantités trop importantes d'urée résiduelle pourraient être une source d'accident digestif et métabolique pour les animaux (STILES *et al.*, 1970).

Les travaux de YADAV et YADAV (1988) et de CHENOST et BESLE (1993) montrent bien cet effet de l'allongement de la durée de traitement sur la digestibilité de la MS. Pour YADAV et YADAV (1988), le traitement 3 p.100 d'urée pendant 4 semaines permet d'obtenir une augmentation de 10 points de digestibilité de plus que le traitement à 6 p.100 d'urée pendant une semaine. Ceci suggère que, malgré un apport deux fois plus important d'urée dans le 2ème cas, l'uréolyse n'est pas encore totale après 7 jours et l'ammoniac libéré n'a pas encore terminé son attaque sur les structures lignocellulosiques. Avec la même démarche, CLOETE *et al.* (1983) montrent que la réduction de la température de traitement peut être compensée par une durée de traitement plus longue. La digestibilité maximale de la matière organique (52 à 53 p.100) est obtenue avec les combinaisons de 24°C pendant 8 semaines ou 35°C pendant une semaine. Avec les traitements à l'ammoniac, qui ne comportent pas de phénomène d'uréolyse, les mêmes observations sont enregistrées : les basses températures peuvent être partiellement compensées par des durées de traitement plus importantes (WAAGEPETERSEN et VESTERGAARD THOMSEN, 1977 ; SUNDSTØL *et al.*, 1978). Cette étude sur les paramètres de l'uréolyse montre qu'il est difficile de les étudier séparément. Leur action est combinée ou complémentaire, ce qui fait que leur influence individuelle n'est pas définie de façon certaine.

1.2.- Influence de la qualité initiale du substrat

Certains auteurs montrent que la qualité initiale de la paille à traiter peut influencer le niveau de l'amélioration après traitement. La fixation d'azote est d'autant plus importante que la teneur initiale en azote du substrat est plus élevée (WAISS *et al.*, 1972 ; DULPHY *et al.*, 1984). Contrairement à ces résultats, CHENOST et DULPHY (1987) montrent l'indépendance de la valeur azotée initiale du substrat sur 36 échantillons de pailles

différentes. L'augmentation moyenne de MAT obtenue est de $51,1 \pm 18$ g/kg de MS ($n=36$) (Figure 3). Par contre, le niveau d'amélioration de la digestibilité de la paille traitée est d'autant plus élevée que la paille initiale est de mauvaise qualité (KERNAN *et al.*, 1979 ; CHENOST et DULPHY 1987). Récemment, NYARKO-BADOHU *et al.* (1994) confirment ces résultats. Après un traitement à l'urée, ils obtiennent une amélioration de la dégradabilité de 10 points pour la paille de *Panicum maximum* dont la dégradabilité initiale après 72 h d'incubation dans le rumen est de 37,4 p.100, mais seulement de 3 points pour le foin de cette même graminée dont la valeur initiale est de 51,2 p.100. Ceci peut s'expliquer par le niveau initial de dégradabilité obtenu dans chacun des cas.

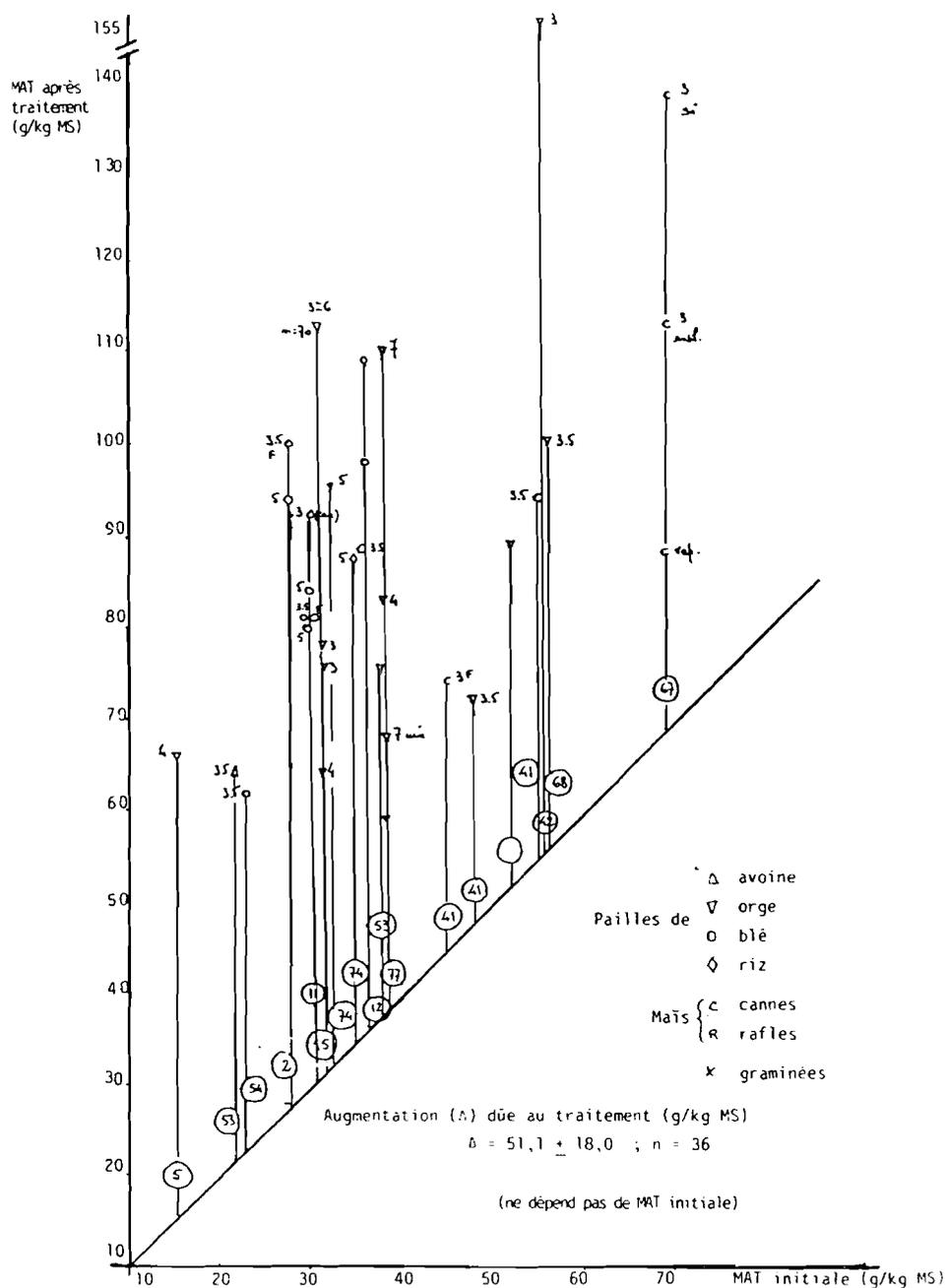


Figure 3 : Influence du traitement à l'ammoniac sur la teneur en matières azotées totales. (CHENOST et DULPHY, 1987).

Le fourrage à l'état de paille, très lignifié, est généralement profondément modifié après traitement ce qui entraîne une grande accessibilité des micro-organismes au substrat et un accroissement plus important de la dégradabilité après traitement. Par contre, le traitement alcalin n'entraîne pas une amélioration importante de la digestibilité dans le cas des fourrages de bonne qualité pour lesquels la lignification est peu élevée. Le traitement alcalin est mieux adapté aux produits de médiocre qualité.

Dans les zones tropicale et méditerranéenne, une grande variabilité inter-annuelle de la composition chimique est enregistrée. Elle est liée aux conditions agro-climatiques, en particulier au stress hydrique et aux hautes températures qui affectent la phase finale de maturation (GUZMAN GUERRERO, 1992). Les digestibilités de la MO mesurées en 1984 après récolte et traitement alcalin sur 35 échantillons varient de 36 à 56,1 p.100 alors que celles obtenues en 1988 avec 13 échantillons sont plus faibles et varient de 32,3 à 46,1 p.100 (GOMEZ CABRERA *et al.*, 1994).

De nombreux fourrages des zones tropicales diffèrent d'une manière fondamentale des fourrages des zones tempérées en ce qui concerne leur métabolisme chlorophyllien. C'est ainsi que la fixation du CO₂ au cours de la synthèse chlorophyllienne fait intervenir une molécule à quatre atomes de carbone chez les graminées tropicales (type C4) au lieu de trois atomes chez les graminées des pays tempérés (type C3). Si la photosynthèse est plus efficace avec les plantes en C4 (CHARLES, 1993), la lignification de ces végétaux est également plus rapide et plus prononcée (RIDDER *et al.*, 1982). Ceci expliquerait la plus grande résistance des plantes en C4 à la décomposition mécanique et à la digestion microbienne (RIDDER *et al.*, 1982). Cette particularité serait-elle aussi responsable de réactions biochimiques différentes de celles des fourrages tempérés ? Peut-on valoriser efficacement ces fourrages par un traitement à l'urée ou à l'ammoniac ? La plupart des études ont été réalisées sur les plantes en C3. Mais de nombreuses plantes d'origine tropicale ont fait l'objet avec succès de traitement alcalins tels la bagasse, résidu issu de la canne à sucre (HASSOUN, 1987), les tiges et spathes de maïs (CHENOST *et al.*, 1993), les tiges de sorgho (IFTIKHAR, 1991). Plus récemment, avec le soutien de la FAO, la technique de traitement à l'urée se développe dans plusieurs pays en voie de développement : en Chine avec la paille de riz, à Madagascar, au Niger et en Mauritanie sur les résidus de récolte et les pailles de brousse (CHENOST, 1993 et 1995). Ceci montre bien que le traitement à l'urée des fourrages ligneux ou des résidus de récolte connaît un regain d'intérêt.

2.- MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES PROVOQUEES PAR LE TRAITEMENT A L'AMMONIAC OU A L'UREE

Le traitement à l'urée conduit à des résultats qui sont souvent inférieurs à celui à l'ammoniac, peut-être en raison de la libération lente d'ammoniac. Même dans le cas des traitements à l'ammoniac et à la soude, la nature des modifications n'est pas encore tout à fait élucidée. L'étude des modifications des liaisons chimiques existant entre les différents composés des tissus végétaux fournit quelques explications à l'amélioration de la digestibilité. Les observations au microscope électronique d'échantillons ayant séjourné ou non dans le rumen mettent en évidence les sites d'actions des bactéries et des enzymes (LATHAM *et al.*, 1979 ; GRENET et BARRY, 1990). Deux types de méthodes (physique et chimique) permettent d'évaluer les effets des traitements.

2.1.- Méthodes chimiques

Les modifications biochimiques reconnues sont :

- l'hydrolyse des liaisons covalentes et hydrogènes existant entre la lignine et les hémicelluloses (BACON *et al.*, 1981) ,
- la rupture des liaisons calcium entre les radicaux d'acides glucuroniques (TARKOW et FEIST, 1969),
- la libération des groupements acétyles qui, par leur présence, limitent l'accessibilité du substrat aux xylanases (COMTAT et BARNOUD, 1976). Ceci expliquerait partiellement l'augmentation de la digestibilité des produits soumis à un traitement alcalin.

En outre, certains composants essentiels de la lignine comme les groupements phénoliques (acides férulique, para-coumarique, diférulique...) (MORRISON, 1974) et leur mesure permet d'évaluer l'efficacité du traitement alcalin, (LAU et VAN SOEST, 1981). Selon HARTLEY et JONES (1978) et CHESSON (1981), il existe une relation entre la libération des acides phénoliques et l'augmentation de la digestibilité obtenue après traitement des pailles aux alcalis et, selon BESLE *et al.* (1989), la digestibilité de la paille peut être prédite à partir de la concentration en composés aromatiques libérés par le traitement. SUSMEL *et al.* (1994) confirment ces résultats avec des pailles de céréales. Ces composés semblent donc être de bons indicateurs de la réactivité des résidus ligno-cellulosiques. Par contre, JUNG (1985) montre *in vitro* que les acides phénoliques à concentration élevée ont une action dépressive sur la digestibilité de la matière sèche (Figure 4). Leur mécanisme d'action peut être une inhibition de la croissance microbienne (CHESSON *et al.*, 1982 ; KERLEY *et al.*, 1988 ; AKIN *et al.*, 1993 ; RAMIHONE, 1987) et/ou de l'activité enzymatique par inactivation des enzymes. De plus, AKIN (1982) montre que l'acide para-

coumarique est plus inhibant que l'acide férulique. Ceci explique que la dégradation microbienne des lignocelluloses soit négativement corrélée avec la teneur totale en acide phénoliques (JUNG et FAHEY, 1983). Ainsi, par leur protection stérique, ces acides phénoliques sont les premiers facteurs limitants de l'accessibilité des polysaccharides à la digestion (CHESSON *et al.*, 1983).

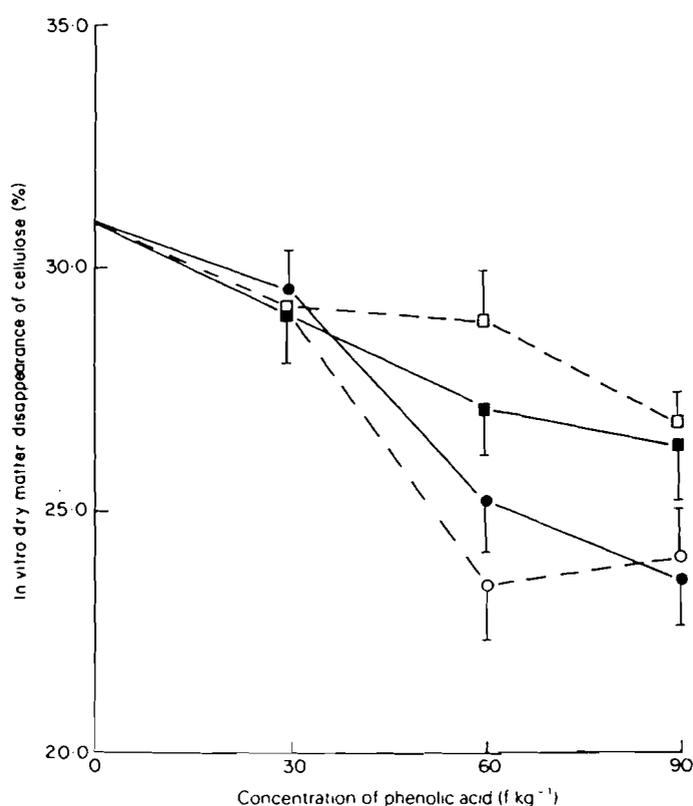


Figure 4 : Effet de l'augmentation de la concentration en acides benzoïque (○), cinnamique (●), caféique (■) et férulique (□) sur la digestibilité *in vitro* de matière sèche du substrat (JUNG, 1985).

2.2.- Méthodes physiques

GRENET et BARRY (1990) ont étudié la cinétique de la dégradation microbienne d'une paille de blé dans le rumen, par coloration au réactif de Schiff et par observation au microscope électronique :

* La réaction au réactif de Schiff des parois de la paille traitée est plus intense, en particulier au niveau du sclérenchyme que celle de la paille normale, ce qui indique que les glucides de ces parois sont plus accessibles. Les parois de la paille traitée ne sont pas fluorescentes dans l'ultra-violet, contrairement à celles de la paille normale, probablement parce que le traitement a modifié les acides phénoliques. Cette observation est déjà mentionnée par HARTLEY et JONES (1978) et CHESSON (1981) et confirme les résultats des méthodes chimiques,

* L'observation au microscope électronique montre que la dégradation dans le rumen des tissus de la paille traitée est plus rapide que celle de la paille normale. La paille traitée présente une colonisation plus abondante par les micro-organismes, particulièrement au niveau du sclérenchyme, ce qui explique l'augmentation de la digestibilité (LATHAM *et al.*, 1979). HARBERS *et al.* (1982) observent le même phénomène avec de la paille et SPENCER et AKIN (1980) avec une graminée (*Cynodon dactylon*) présente en milieu tropical et tempéré.

3.- INFLUENCE DU TRAITEMENT SUR LA VALEUR NUTRITIVE DU FOURRAGE

Tous les auteurs sont unanimes à reconnaître l'effet positif du traitement à l'urée ou à l'ammoniac sur la valeur nutritive des substrats lignocellulosiques. Ceci résulte de l'augmentation de la digestibilité (cf. paragraphe 2), mais également de l'enrichissement important de la fraction azotée de la paille (CHENOST et DULPHY, 1987).

L'ingestion des produits traités entraîne au niveau du jus de rumen une augmentation significative des teneurs en ammoniac (SUNDSTØL *et al.*, 1978 ; CORDESSE *et al.*, 1981b ; CANN *et al.*, 1991). A titre d'exemple, des moutons alimentés avec des pailles non traitées ou traitées présentent des concentrations respectivement de 19,9 à 25,3 mg/100ml, valeurs significativement différentes (KOMAR, 1982). Cet apport d'ammoniac assure une meilleure alimentation des micro-organismes, favorable à une efficacité digestive plus grande (JOUANY, 1995), une réduction du temps de séjour des aliments dans le rumen (OJI *et al.*, 1979 ; CHENOST , 1987) et une augmentation des quantités ingérées. Il résulte une augmentation de l'ingestion de matière organique digestible (BIEN AIME, 1979 ; OJI *et al.*, 1979) et une production d'acides gras volatils plus importante (BIEN-AIME, 1979 ; CORDESSE et TABA-TABAI 1981b). Malgré ce bilan très positif, l'azote fixé par les produits traités et la MOD potentiellement accessible ne sont pas entièrement valorisés par les micro-organismes (BORHAMI et JOHNSON, 1981). En effet, l'azote excrété dans les fèces augmente (BENHAMED et DULPHY, 1985 et 1986 ; RAMIHONE, 1987). CHENOST et

DULPHY (1987) attribuent ce phénomène à la fixation d'une partie de l'azote apporté par le traitement sur les structures pariétales indigestibles. MICHALET-DOREAU (1989), en étudiant la dégradabilité *in sacco* dans le rumen de la fraction azotée d'échantillons traités à l'ammoniac, montre que 90 à 100 p.100 de l'azote fixé au cours du traitement sont théoriquement dégradés dans le rumen. Cependant, 40 à 60 p.100 de l'azote fixé est présent sous forme d'ammoniac, le reste étant sous une forme inconnue (GORDON et CHESSON, 1983 ; RAMIHONE, 1987). Des essais menés en fermenteur en culture semi-continue montrent également qu'une partie de l'azote apporté par le traitement n'est pas utilisé par les micro-organismes du rumen (RAMIHONE, 1987). Cet aspect ouvre des perspectives de recherche pour déterminer la nature réelle de l'azote résultant du traitement alcalin.

En outre, RAMIHONE et CHENOST (1988) montrent que des protéines lentement dégradées dans le rumen, comme la farine de poisson, permettent de mieux valoriser la totalité de la MOD libérée par le traitement que des protéines rapidement dégradées, comme celles de tourteau d'arachide. Ceci serait lié à une mauvaise synchronisation entre la libération trop rapide de la fraction azotée la plus soluble par rapport aux phénomènes de fermentation de la matière organique. Une complémentation rationnelle des pailles traitées doit être recherchée. Des études complémentaires pourraient optimiser l'utilisation de ces deux fractions nutritives.

CONCLUSION

Cette revue bibliographique met en valeur l'efficacité des traitements à l'urée. L'ammoniac généré par l'uréolyse semble être adapté à la valorisation des fourrages pauvres. Ce traitement, en provoquant des modifications physico-chimiques de la structure de la paille, permet de réduire de façon importante le degré de rigidité des tissus, de faciliter le gonflement des parois et leur pénétration par l'eau et les enzymes. Il permet, en outre, un enrichissement du végétal en azote partiellement utilisable par le ruminant. Une complémentation judicieuse avec des protéines à dégradation lente permet de mieux valoriser la totalité de la matière organique digestible libérée par le traitement.

Cette amélioration permet au ruminant de retirer plus d'énergie et d'éléments nutritifs des fourrages grossiers. La valeur alimentaire des produits ligno-cellulosiques est ainsi amenée à un niveau voisin de celle d'un fourrage de qualité correcte.

Les fourrages tropicaux, en majorité de type métabolique C4, présentent un intérêt particulier. Leurs caractéristiques physiques sont très différentes de celles des fourrages des zones tempérées quel que soit leur stade développement. Ils sont, plus riches en parois mais plus pauvres en azote. Les traitements à l'urée, capables d'améliorer la digestibilité, la teneur en azote et l'ingestibilité des fourrages, semblent répondre à notre objectif d'amélioration de la valeur nutritive des fourrages naturels tropicaux afin de mieux satisfaire les besoins des ruminants, trop souvent en situation de déficit alimentaire.

Le projet d'étude formulé en 1991 correspondait à la demande des programmes de recherche de développement des instituts du Burkina Faso. Pour être réalisé dans de bonnes conditions, les traitements à l'urée nécessitent des moyens limités, faciles à réunir dans le contexte rural du pays. Il y a quelques années, les programmes développés sous l'égide de la FAO au Niger et en Tanzanie étaient à leur début et nous n'en avions pas connaissance. Nous n'avons donc pas pu nous en inspirer et profiter de ces connaissances.

Au Burkina Faso en particulier et en Afrique en général, l'amélioration de la valeur nutritive des résidus lignocellulosiques et des fourrages naturels après gestion des parcours est un impératif au progrès de l'élevage dans cette partie du monde, surtout depuis la dévaluation du Franc CFA qui a rendu inaccessible les viandes extra-africaines. Ces pays doivent donc compter sur leurs potentialités propres.

**Chapitre I : MODIFICATIONS
BIOCHIMIQUES ET ESTIMATION DE
LA DEGRADABILITE DE LA
MATIERE SECHE DE 4 FOURRAGES
TROPICAUX TRAITES A
L'AMMONIAC OU A L'UREE**

Chapitre I : MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES ET ESTIMATION DE LA DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE DE 4 FOURRAGES TROPICAUX TRAITES A L'AMMONIAC OU A L'UREE

INTRODUCTION

Le fourrage naturel à l'état de paille est un produit lignocellulosique très peu digestible et de faible valeur nutritive comme les pailles de céréales. A l'instar de ces résidus (WAISS *et al.*, 1972 ; JACKSON *et al.*, 1977 ; SUNDSTØL *et al.*, 1978 ; CORDESSE 1982) et à la vue de nos résultats antérieurs (YAMEOGO *et al.*, 1991 ; YAMEOGO-BOUGOUMA *et al.*, 1993), si les microstructures de ces fourrages sont modifiées par le traitement alcalin (urée), ils seront susceptibles de constituer une source alimentaire suffisamment riche pour satisfaire aux besoins d'entretien des animaux pendant la longue période sèche (cf. Introduction générale).

Nous nous sommes intéressés à la valorisation des fourrages naturels sahéliens et soudaniens qui sont de type C4 par le traitement à l'ammoniac généré par l'uréolyse. Ceci nous a amené à préciser les paramètres de ce traitement avec 4 fourrages tropicaux différents. L'étude a été réalisée au laboratoire sur de petits échantillons (pesées précises, reproductibilité facile...) dans des conditions de complète maîtrise de l'ensemble des paramètres de traitement. Cette étape nous paraît tout à fait nécessaire, car malgré le grand nombre de travaux scientifiques réalisés sur les conditions de traitement des pailles avec l'urée (SUNDSTØL et COXWORTH 1984 ; WILLIAMS *et al.*, 1984b ; BESLE *et al.*, 1990a ; ILMO ARONEN, 1990 ; DIAS-DA-SILVA, 1990 ; SAHNOUNE, 1990), les conditions d'application en zones chaudes diffèrent par la température ambiante élevée et la nature des produits à traiter.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'impact du traitement à l'urée sur les modifications biochimiques et les paramètres de dégradabilité de 4 fourrages naturels tropicaux pris comme modèles de la strate herbacée des zones étudiées. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus avec l'ammoniac pris comme traitement de référence. Les résultats

obtenus permettront de préciser les meilleures combinaisons à utiliser pour des traitements réalisés sur des quantités importantes de fourrages nécessaires à la suite de notre étude.

1. - MATERIELS ET METHODES

1.1. - Matériels

1.1.1. - Matériel végétal

Cet essai a porté sur 4 écotypes fourragers de graminées naturelles récoltés sur 2 zones écologiques : la zone soudanienne et la zone sahéenne. Deux sites représentatifs de ces 2 zones ont été retenus pour les récoltes. Ces sites sont assez bien étudiés du point de vue agrostologique ; l'importance relative des différentes espèces est connue (résultats non publiés de POISSONET, ZOUNGRANA, 1991) et les graminées que nous avons retenues sont quantitativement les plus importantes des zones concernées :

Site 1 : Station de Gampéla dans la zone nord-soudanienne. Elle est située en bordure de la route de Niamey, à 20 km à l'est de Ouagadougou. Ses coordonnées géographiques sont : 12°25' de latitude nord, 1°22' de longitude ouest. Elle est placée dans le secteur phytogéographique nord-soudanien (GUINKO, 1984), à pluviométrie de 700 à 750 mm pendant une durée de 5 mois (Juin à Octobre). Les espèces végétales choisies sont *Pennisetum pedicellatum* (Pp) et *Andropogon pseudapricus* (Ap), espèces fréquentes dans les jachères, productives mais très peu appréciées au pâturage.

Site 2 : Station de Katchari Dori dans la zone sahéenne. Cette station est située à l'ouest de la ville de Dori à proximité de l'axe Dori-Djibo. Ses coordonnées géographiques sont : 14°05' de latitude nord, 0°10' de longitude ouest. Elle est située dans le domaine climatique de type sahéen et plus particulièrement dans le secteur sahéen recevant entre 400 et 500 mm de pluie par an avec une période de végétation active inférieure à 2 mois. Les espèces récoltées sont *Schoenefeldia gracilis* (Sg) et *Panicum laetum* (Pl).

Tous les fourrages ont été récoltés au stade fin fructification-début dissémination au mois de Novembre-Décembre 1992. A ce stade, ces fourrages présentent une très faible appétence en raison de leur lignification élevée ; cependant, les quantités disponibles en zone nord-soudanienne sont souvent très importantes, de 2,5 à 7 tonnes par ha de MS en fonction de l'espèce et de l'année (ZOUNGRANA, 1994).

Une paille de riz issue d'une culture irriguée a été utilisée en parallèle de ces fourrages pour servir de témoin. Tous les fourrages ont été hachés au hache-paille, puis homogénéisés et des échantillons d'un poids moyen de 250 g de matière brute ont été utilisés pour les traitements.

1.1.2. - Urée et ammoniac

Les traitements à l'urée ont été effectués avec de l'urée agricole dosant environ 46,7 p.100 d'azote. La quantité nécessaire est dissoute dans l'eau correspondante pour chaque échantillon. Devant l'impossibilité d'obtenir de l'ammoniac gazeux et de mesurer avec précision la quantité d'azote de cet ammoniac, nous avons utilisé de l'ammoniac titrant 25 à 27 p.100 d' NH_4^+ avec une densité de 0,89. L'eau de la solution ammoniacale a été prise en compte dans l'humidification des fourrages.

1.2. - Méthodes

1.2.1. - Protocole expérimental

Le protocole expérimental que nous avons appliqué est résumé dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Protocole expérimental de traitement à l'urée ou à l'ammoniaque de 4 fourrages tropicaux et d'un fourrage témoin

	Sg. Pp.		Ap. Pl.		PR. témoin	
	Urée	NH ₃	Urée		Urée	NH ₃
Température de traitement	Ambiante (33 ± 5°C)		Ambiante (33 ± 5°C)		Ambiante (33 ± 5°C)	
Durée de traitement en jours	30	30	30		30	30
Doses d'urée ou d'NH ₃ en % de la MS	4 - 6 - 9	4,5	4		4	4,5
Taux d'humidité en % de la MS	40 et 60	20	60		60	20
Nombre de répétition par combinaison	2	2	2		2	2
Nombre de dosages par répétition	2	2	2		2	2

Pp. = *Pennisetum pedicellatum*

Ap. = *Andropogon pseudapricus*

Sg. = *Schoenefeldia gracilis*

Pl. = *Panicum laetum*

PR. = paille de riz

* Paramètres communs à tous les échantillons

Nous avons choisi une seule durée et une seule température de traitement (30 jours à 33 ± 5°C). Ces deux paramètres ont été retenus en raison des résultats obtenus au cours de notre étude sur les conditions d'uréolyse lors du traitement d'une paille de blé dur à 7 et 0,7 p.100 d'urée sans apport d'uréase exogène (YAMEOGO-BOUGOUMA *et al.*, 1993).

* Paramètres variables

- Afin de mettre en évidence des différences de sensibilité au traitement entre écotypes, le choix d'une faible dose d'urée a été retenu. Ainsi, les quatre fourrages naturels et la paille de riz utilisée comme témoin ont été traités à la dose de 4 p.100 d'urée et au taux d'humidité de 60 p.100.

- Des traitements isoazotés (urée-ammoniac) ont été réalisés sur les deux fourrages les plus représentatifs des deux zones climatiques choisies : *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* et la paille de riz. Les combinaisons de 4,5 p.100 d'ammoniac et 20 p.100 d'humidité, considérée comme optimale par SUNDSTØL (1978) ; GUILLERMIN (1984) ont été retenues. Les traitements à l'urée ont donc été réalisés à 9 p.100 d'urée. Deux teneurs en humidité ont été appliquées, 40 et 60 p.100.

Ces deux fourrages (*Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*) ont également été traités à la dose de 6 p.100 d'urée avec des taux d'humidité de 40 et 60 p.100. Ces traitements complètent ceux déjà présentés (4 et 9 p.100) et devraient permettre d'évaluer l'importance des modifications chimiques subies par les fourrages en fonction du niveau d'urée. Nous pourrions ainsi préciser la dose d'urée la plus compatible avec un traitement efficace le plus économique possible.

Connaissant la matière sèche initiale du fourrage, l'humidité désirée est obtenue par un apport calculé d'eau. Les échantillons de 250 g stockés dans des sacs en polyéthylène (70 cm x 40 cm) sont pulvérisés avec une solution d'urée ou d'ammoniac afin d'obtenir une bonne répartition du produit chimique. Les sacs sont ensuite soudés par thermosoudure (Appareil Calor) et stockés à la température ambiante ($33 \pm 5^\circ\text{C}$) et à l'abri du soleil pendant 30 jours (dans une des pièces du laboratoire). A l'issue des différents traitements, une fraction du fourrage destiné au dosage de l'urée résiduelle (environ 60g) est immédiatement prélevée, broyée et deux échantillons (doubles) de 0,9 à 1,2 g sont conservés dans 20 ml d'une solution d'acide perchlorique 0,1N (YAMEOGO, 1990) ; une autre fraction destinée à la détermination de la matière sèche est prélevée et mise à l'étuve. Le reste du fourrage traité destiné à la détermination des composants chimiques est aéré pendant 5 jours afin d'éliminer l'ammoniac volatil (CORDESSE, 1982), broyés (grille de 1 mm) et stockés en boîtes étanches avant analyse.

Les différents traitements sont identifiés dans les tableaux sous forme abrégée par des sigles comportant par ordre le nom de l'espèce végétale (Pp., Ap., Sg., Pl. ou PR.), la nature du traitement (A pour ammoniac ou U pour urée), la dose du produit de traitement exprimé en pourcentage de la MS et la teneur en humidité 20, 40 ou 60 p.100 de la MS.

1.2.2. - Mesures chimiques et biochimiques

* Matières azotées

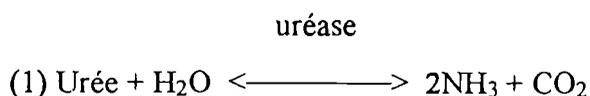
Les fractions azotées totales et solubles sont dosées selon la technique colorimétrique de Nessler (UMBREIT *et al.*, 1959) après minéralisation (méthode Kjeldahl) pour l'azote total et après extraction selon la méthode décrite par VERITE et DEMARQUILLY (1978) pour l'azote soluble.

* Constituants pariétaux

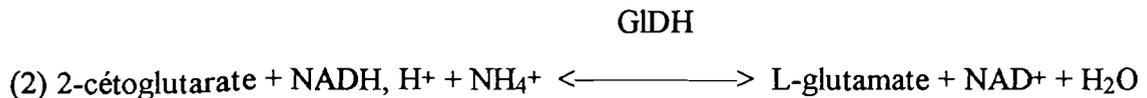
Les parois végétales sont dosées par la méthode VAN SOEST et WINE (1967). Le degré de lignification est estimé selon la technique de LAU et VAN SOEST (1981) : elle permet de mesurer successivement les composés phénoliques libérés dans un tampon neutre (Lau 1), et ceux libérés après traitement alcalin fort (Lau 2). Les valeurs Lau 1 et Lau 2 sont exprimées en DO/g de MS à 280 nm ; elles sont proportionnelles à la concentration en acides phénoliques extraits selon chaque traitement.

* Urée résiduelle

L'urée résiduelle a été dosée selon une méthode enzymatique (Kit Boehringer Mannheim n° 542 946) qui permet le dosage de l'urée et de l'ammoniaque présents dans le même milieu. Cette technique a été retenue en raison de sa fiabilité : elle permet de doser des quantités d'urée de l'ordre du micro gramme. Elle a été cependant réadaptée pour minimiser son coût en utilisant des produits similaires à ceux du Kit (YAMEOGO, 1990). Le principe de ce dosage est le suivant : en présence d'uréase, l'urée est hydrolysée en ammoniac et en dioxyde de carbone selon la réaction (1) :



En présence de glutamate déshydrogénase (GIDH) et de nicotinamide-adénine-dinucléotide réduit (NADH, H⁺), l'ammoniaque réagit avec le 2-cétoglutarate pour donner du L-glutamate tandis que le NADH est consommé (2) :



La quantité de NADH, H⁺ consommée dans la réaction (2) est stoechiométrique avec celle en ammoniaque ou avec la moitié de la quantité d'urée. La disparition du NADH, H⁺ est suivie à 340 nm. L'urée résiduelle obtenue est transformée en azote résiduel en considérant que cet urée dose 46,7 p.100 d'azote.

1.2.3. - Dégradabilité *in situ* au niveau du rumen

La dégradabilité *in situ* ne pouvant être réalisée sur l'ensemble des échantillons traités, un choix judicieux a été raisonné. Nous avons ainsi testé :

- les produits non traités, soit 2 fourrages (*Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*) et la paille de riz
- les produits traités au même taux d'azote, 9 p.100 d'urée et 40 p.100 d'humidité et ceux traités à 4,5 p.100 d'ammoniac (*Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*). Ces modèles ayant été considérés à priori comme performant. Pour la paille de riz, c'est le traitement à 4 p.100 d'urée et 60 p.100 qui a été étudié, cet échantillon n'ayant pas fait l'objet d'un traitement à 9 p.100 d'urée.

Trois moutons adultes de race Djallonké variété locale "Mossi" porteurs d'une fistule du rumen ont été utilisés pour cette expérience. Leur ration se compose de 70 p.100 de fanes de niébé, de 27,5 p.100 de son de blé, de 1,5 p.100 de coquilles d'huîtres et de 1 p.100 de NaCl. Elle apporte 14,1 p.100 de matières azotées totales (MAT) (MICHALET-DOREAU *et al.*, 1987) ; 1,1 p.100 de Ca ; 0,6 p.100 de P (rapport Ca/P = 1,8). Avant de commencer la cinétique de dégradabilité, les animaux ont été adaptés au régime pendant 2 semaines. Au cours de cette période, ils ont subi un déparasitage interne et externe, un traitement anticoccidien au Biasul 40/26, un traitement vitaminique au Boluvit et une vaccination contre

la pasteurellose. Les durées d'incubation des sachets nylon dans le rumen ont été de 2, 4, 8, 16, 24, 48 et 96 heures ; le poids moyen des échantillons introduits dans les sachets était de 3g. Nous avons utilisé la méthodologie proposée par MICHALET-DOREAU *et al.* (1987).

2. - ANALYSE STATISTIQUE

Tous les résultats concernant la composition chimique ont fait l'objet d'une analyse de variance à l'aide du logiciel SAS (1982). Le test de Scheffé a été retenu pour la comparaison des moyennes (données inégales). Pour comparer la réactivité des différents écotypes fourragers au traitement alcalin et expliquer les interactions très significatives décelées entre les doses d'urée et les taux d'humidité, une analyse de contraste (ou surface de réponse), (COCHRAN et COX, 1957) a été effectuée en utilisant le logiciel GENSTAT (1993) en considérant le dispositif expérimental comme un modèle factoriel. Dans cette analyse, une constante est calculée pour chaque variable par rapport à l'ensemble des données de la variable ; puis elle est soustraite à chaque valeur individuelle. Les différences obtenues permettent d'exprimer les effets testés. Plus ce coefficient est élevé, plus l'effet du facteur testé est significatif ou l'inverse pour les coefficients négatifs. Les résultats de cette analyse se présentent sous forme de graphique.

Cette analyse a été effectuée, sur les 5 espèces au niveau de traitement 4 p.100 d'urée et 60 p.100 d'humidité, puis sur *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* pour les doses 4, 6 et 9 p.100 d'urée et les taux d'humidité 40 et 60 p.100. Dans les deux cas les interactions ont été testées entre les différents facteurs pris deux à deux, de même que leurs combinaisons dans l'interaction de troisième ordre.

Les résultats de dégradabilité ont également fait l'objet d'une analyse de variance (SAS), avec comparaison des moyennes par le test de Scheffé.

La détermination des paramètres illustrant la dégradabilité des différents fourrages a été effectuée avec le logiciel SAS en utilisant l'équation générale de ØRSKOV et Mc DONALD (1979) :

$$Y = a + b (1 - e^{-ct})$$

avec Y = fraction MS (en p.100) effectivement dégradée au temps t , a et b représentant respectivement les fractions immédiatement et progressivement dégradables (en p.100) et c la vitesse de dégradabilité de la fraction lentement dégradable (en h⁻¹). La dégradabilité théorique est calculée selon l'équation suivante (ØRSKOV et Mc DONALD, 1979) :

$$DT \text{ (en p.100)} = a + ((bc) / (c + k))$$

avec k = constante de vitesse de transit de particules hors du rumen (en h⁻¹).

3. - RESULTATS

3.1. - Composition chimique des fourrages non traités

La composition chimique des fourrages non traitée est résumée dans le Tableau 3. Ce tableau fait ressortir des différences de composition chimique entre les 4 écotypes fourragers. *Panicum laetum* est le fourrage le moins pauvre en azote du groupe suivi de la paille de riz (respectivement 7,7 mg et 5,8 mg NT/g de MS) ; alors que *Andropogon pseudapricus*, *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* présentent une teneur beaucoup plus faible : en moyenne pour ces trois fourrages 2,5 mg NT/g de MS. Parallèlement, les teneurs en fibres (NDF) sont significativement moins élevées chez *Panicum laetum* et la paille de riz par rapport au second groupe (*Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon pseudapricus* et *Schoenefeldia gracilis*) ($P < 0,05$) : 74 p 100 en moyenne pour les deux premiers fourrages et 84,1, 83,8 et 83,3 p.100 respectivement pour *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon pseudapricus* et *Schoenefeldia gracilis*. Cette scission en deux groupes ne se retrouve plus lorsqu'on se réfère aux paramètres Lau 1 et Lau 2. *Panicum laetum* a la teneur en Lau 1 la plus élevée, suivie de *Andropogon pseudapricus*, *Schoenefeldia gracilis*, *Pennisetum pedicellatum* et la paille de riz ; aucun regroupement entre espèce n'apparaît car les valeurs Lau 1 sont toutes différentes les unes des autres ($P < 0,05$). Quant aux composés phénoliques extraits dans un tampon alcalin (Lau 2), ils sont présents en plus grande quantité dans *Andropogon pseudapricus* et *Pennisetum pedicellatum* et en quantité moindre dans

Schoenefeldia gracilis, *Panicum laetum* et la paille de riz. De façon générale, les polyphénols extractibles par un tampon neutre sont plus abondants pour tous les végétaux du Burkina Faso comparés à ceux extraits sur la paille de riz. *Panicum laetum* en possède environ 2 fois plus. Il en est de même pour la fraction Lau 2; tous libèrent plus de polyphénols que la paille de riz. en particulier *Andropogon pseudapricus* ($P < 0,05$).

Tableau 3 : Composition biochimique des produits non traités et signification statistique des différences entre ces fourrages pour chaque constituant mesuré

Caractéristique biochimique	Zone nord- soudanienne		Zone sahélienne		Témoin	Analyse de variance	
	Pp.	Ap.	Sg.	Pl.		PR.	E.S.
NT (1)	2,5 ^c	2,5 ^c	2,6 ^c	7,7 ^a	5,8 ^b	0,1	0,0003
NDF (2)	84,1 ^a	83,8 ^a	83,3 ^a	74,2 ^b	73,7 ^b	0,05	0,0001
ADF (2)	54,7 ^a	54,2 ^a	49,9 ^b	43,4 ^d	45,9 ^c	0,2	0,0001
ADL (2)	9,3 ^a	7,2 ^b	7,4 ^b	7,0 ^b	4,5 ^c	0,1	0,0003
Lau 1 (3)	794 ^d	981 ^b	881 ^c	1377 ^a	653 ^e	3,4	0,0001
Lau 2 (3)	2472 ^{ab}	2651 ^a	2394 ^{bc}	2202 ^c	1661 ^d	14,1	0,0001

Les analyses sont effectuées sur un échantillon représentatif prélevé après mélange de fourrages provenant de plusieurs sites de récolte.

(1) = Azote Total (NT) en mgN/g de MS ; (2) = Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF) et Acid Detergent Lignin (ADL) en p.100 de MS ; (3) est exprimé en DO/g de MS ;

E.S. = Erreur standard

Les lettres (a, b, c, d et e) lecture en ligne, lorsqu'elles diffèrent, montrent une différence significative au seuil indiqué par l'analyse de variance.

Pp. = *Pennisetum pedicellatum*

Ap. = *Andropogon pseudapricus*

Sg. = *Schoenefeldia gracilis*

Pl. = *Panicum laetum*

PR. = paille de riz

3.2. - Composition chimique des produits traités

3.2.1. - Urée résiduelle

La rétrogradation de l'urée apportée en ammoniac et en gaz carbonique est évaluée par le dosage de l'urée résiduelle. Elle définit l'importance de l'uréolyse.

Les échantillons traités à 4 p.100 d'urée ont montré une uréolyse totale quels que soient le taux d'humidité et le type de fourrage (Tableau 4).

Pour le traitement à 6 p.100 d'urée, elle est complète avec le taux d'humidité de 60 p.100 pour les deux types de fourrages testés alors qu'à 40 p.100 d'humidité, il reste des traces d'urée résiduelle (1 et 1,7 mg d'azote uréique résiduel par g de MS pour respectivement *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*) (Tableau 4).

Nous observons le même phénomène avec le traitement à 9 p.100 d'urée pour lequel les échantillons traités à 40 p.100 d'humidité présentent des teneurs en urée résiduelle significativement plus importantes que pour ceux traités à 60 p.100 d'humidité (24,8 et 26,3 mg d'urée par g de MS) soit pour respectivement *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*, 26 p.100 et 27 p.100 de l'azote apporté avec 40 p.100 d'humidité contre 2 et 6 p.100 pour ceux traités avec une humidité de 60 p.100.

Le Tableau 4 colonne 4 des résultats, rapporte les quantités d'azote réellement fixées sur les structures végétales selon le traitement. Ces valeurs ont été calculées en tenant compte de l'azote total initial du fourrage et de l'urée résiduelle.

Le traitement à l'ammoniac conduit à des quantités totales d'azote fixées très comparables entre les trois échantillons expérimentés : 15,3 ; 14,4 et 16,5 mg NT/g de MS pour respectivement la paille de riz, *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*.

Les traitements à 4 p.100 d'urée et 60 p.100 d'humidité donnent des résultats homogènes entre les différents fourrages. Les fourrages de brousse réagissent bien au traitement aux alcalis, les niveaux de fixation sont comparables à celle de la paille de riz (en moyenne 42 p.100 de fixation pour les fourrages naturels et 33 p.100 pour la paille de riz).

3.2.2. - Azote total (NT) et azote soluble (NS)

Le traitement à la dose de 4 p.100 ne permet de fixer qu'une faible quantité d'azote (6,3 à 9,4 mg/g de MS) ce qui amène, compte tenu de la teneur initiale des fourrages, à des concentrations inférieures à 16 mg/g de MS. Seul *Panicum laetum*, en raison de sa teneur initiale élevée de 7,7 mg/g de MS approche cette valeur (15,7 mg/g de MS). Cette teneur de 16 mg est en effet l'indicatrice d'une fixation réussie pour les pailles bien traitées en zone tempérée (communication personnelle de CORDESSE).

Les traitements à la dose d'urée de 6 et 9 p.100 montrent une légère augmentation des quantités d'azote fixé entre les deux niveaux. Malgré cela, quels que soient le type de fourrage, la dose d'urée et le taux d'humidité, 25 à 49 p.100 de l'azote apporté par le traitement se fixent sur le support ligneux (cf. Tableau 4).

Les combinaisons Pp.U.6.60 et Sg.U.6.60 ont montré des niveaux de fixation faibles, statistiquement inférieurs à ceux atteints avec 40 p.100 d'humidité et 6 p.100 d'urée. Aucune explication plausible ne peut être avancée. Ces traitements n'ont pu être refaits en raison du délai entre le traitement des échantillons réalisé au Burkina Faso et les dosages effectués à Montpellier.

Si l'on écarte ces deux échantillons de l'interprétation, le pourcentage de fixation d'azote décroît de 33-49 p.100 d'azote fixé à 4 p.100 d'urée, à 30-40 p.100 d'azote fixé à 9 p.100 d'urée pour les fourrages de brousse. Ces valeurs sont comparables aux taux de fixation d'azote obtenus normalement avec le traitement à l'ammoniac. De plus, la variation de la teneur en humidité entre les deux valeurs 40 et 60 p.100 ne semble pas influencer le taux de l'azote fixé.

Les résultats inexplicables des traitements Pp.U.6.60 et Sg.U.6.60 ont été maintenus dans les tableaux, et expliquent l'allure brisée des courbes (Figure 5 b). Les figures 5 a et 5 b montrent l'évolution de la concentration en NT et en NS en fonction de la dose d'urée. L'allure de ces courbes indique une augmentation des concentrations en azote total et soluble quel que soit le type de fourrage. Les concentrations en azote total sont pratiquement proportionnelles (Figure 5 a) à la dose d'urée, pour 4 et 6 p.100 d'urée. Pour une dose d'urée supérieure, le taux de fixation de *Pennisetum pedicellatum* semble plafonner vers 15,5 mgN/g de MS alors que celui de *Schoenefeldia gracilis* reste plus élevé. Toutefois, les traitements à 6 p.100 ou 9 p.100 d'urée et 4,5 p.100 d'ammoniac ne sont pas statistiquement différents les uns des autres pour chacun des produits (Tableaux 5 et 6).

Tableau 4 : Evolution de la fixation de l'azote selon les conditions du traitement de 4 fourrages tropicaux récoltés en zones nord-soudanienne et sahélienne et d'une paille de riz témoin.

	NT initial mgN/gMS	NT dosé mgN/gMS	N uréique résiduel mgN/gMS	N fixé (1) mgN/gMS	% N fixé (2)	% N perdu (3)
PR.U.4.60	5,8	12,1	-	6,3	33	67
PR.A.4,5.20	5,8	21,1	-	15,3	34	66
Pl.U.4.60	7,7	15,7	-	8,0	42	58
Ap.U.4.60	2,5	10,3	-	7,8	41	59
Pp.U.4.40	2,5	9,3	-	6,8	36	64
Pp.U.4.60	2,5	10,6	-	8,2	43	57
Pp.U.6.40	2,5	16,0	1	12,5	45	52
Pp.U.6.60	2,5	9,4	-	7,0	25	75
Pp.U.9.40	2,5	27,6	11,5	13,6	32	40
Pp.U.9.60	2,5	15,6	0,7	12,4	30	69
Pp.A.4,5.20	2,5	16,8	-	14,4	32	68
Sg.U.4.40	2,6	12,0	-	9,4	49	51
Sg.U.4.60	2,6	10,8	-	8,2	43	57
Sg.U.6.40	2,6	17,8	1,7	13,5	48	46
Sg.U.6.60	2,6	9,9	-	7,3	26	74
Sg.U.9.40	2,6	31,9	12,3	17,0	40	30
Sg.U.9.60	2,6	21,8	2,8	16,4	39	54
Sg.A.4,5.20	2,6	19,1	-	16,5	37	63

N uréique = urée résiduelle dosée x 46,7 p.100 (teneur en azote de l'urée utilisée)

(1) = NT dosé (azote total dosé)- NTi (azote total initial)- N résiduel (azote résiduel); (3) = 100 ((N apporté - N uréique résiduel - N fixé)/N apporté)

(2) = 100 x quantité d'azote fixé/quantité d'azote apporté pour le traitement.

Les dosages ont été effectués sur des échantillons aérés pendant 5 jours après le traitement

Signification des sigles utilisés par ordre :

espèce. type de traitement (U = urée ou A = ammoniac). dose de traitement. taux d'humidité.

Pp. = *Pennisetum pedicellatum*

Ap. = *Andropogon pseudapricus*

Sg. = *Schoenefeldia gracilis*

Pl. = *Panicum laetum*

PR. = paille de riz

Tableau 5 : Effet du traitement à l'urée ou à l'ammoniac sur les caractéristiques biochimiques de *Pennisetum pedicellatum* (Zone nord-soudanienne)

	Traitements de <i>Pennisetum pedicellatum</i>								Erreur Standard	Pr>F
	nt	U.4.40	U.4.60	U.6.40	U.6.60	U.9.40	U.9.60	A.4,5.20		
NT	2,5 ^d	9,3 ^c	10,6 ^c	15,0 ^{ab}	9,4 ^c	16,0 ^a	14,9 ^{ab}	16,9 ^a	0,3	0,0001
NS	0,8 ^e	6,1 ^d	6,8 ^{cd}	9,4 ^a	6,2 ^d	8,8 ^{ab}	7,6 ^{bc}	10,1 ^a	0,2	0,0001
UR	-	0,0 ^c	0,0 ^c	2,2 ^b	0,0 ^c	24,8 ^a	1,5 ^b	-	0,2	0,0001
NDF	84,1 ^a	81,8 ^{abc}	82,5 ^{ab}	80,4 ^{cbd}	81,4 ^{abcd}	78,9 ^d	80,0 ^{cbd}	78,6 ^d	0,4	0,0001
ADF	54,7 ^a	57,9 ^a	57,4 ^a	56,8	56,5	55,5	55,6	54,2	0,4	ns
ADL	9,3 ^b	9,1 ^b	9,0 ^b	10,0 ^{ab}	8,9 ^b	9,0 ^b	9,2 ^b	8,0 ^{bc}	0,3	0,001
Lau 1	794 ^d	1151 ^{bc}	1069 ^c	1147 ^{bc}	1159 ^{bc}	1159 ^{bc}	1269 ^{ab}	1369 ^a	13	0,0001
Lau 2	2472 ^a	2413 ^a	2307 ^{ab}	2163 ^c	2186 ^b	2118 ^c	2165 ^{bc}	2119 ^c	22	0,0001

UR = Urée Résiduelle en mg d'urée/g de MS; NT (azote total) et NS (azote soluble) en mg N/g de MS ; NDF, ADF et ADL en % MS ; Lau 1 et Lau 2 en DO₂₈₀/g de MS.

Les lettres (a, b, c, d et e), lorsqu'elles diffèrent sur une même ligne, indiquent une différence significative ($P < 0,05$).

Signification des sigles utilisés par ordre : type de traitement (U = urée ou A = ammoniac). Dose de traitement.

nt = non traité.

ns = non significatif.

nd = non dosé.

Tableau 6 : Effet du traitement à l'urée ou à l'ammoniac sur les caractéristiques biochimiques de *Schoenefeldia gracilis* (Zone sahélienne)

	Traitements de <i>Schoenefeldia gracilis</i>								Erreur Standard	Pr>F
	nt	U.4.40	U.4.60	U.6.40	U.6.60	U.9.40	U.9.60	A.4,5.20		
NT	2,6 ^d	12,0 ^c	10,8 ^c	16,1 ^{ab}	9,9 ^c	19,6 ^a	19,0 ^{ab}	19,1 ^{ab}	0,3	0,0001
NS	0,8 ^d	7,9 ^{bc}	6,4 ^{cd}	12,7 ^a	6,0 ^{cd}	11,5 ^{ab}	12,4 ^a	11,6 ^{ab}	0,5	0,0001
UR	nd	0,0 ^c	0,05 ^c	3,5 ^{cb}	0,0 ^c	26,3 ^a	6,0 ^b	nd	0,8	0,0001
NDF	83,3 ^a	82,1 ^{ab}	83,2 ^a	80,8 ^{abc}	82,8 ^a	78,8 ^c	79,8 ^{cb}	79,5 ^{cb}	0,3	0,0001
ADF	49,9	54,9	56,1	55,7	55,1	59,4	54,0	52,9	0,2	ns
ADL	7,4	8,7	9,0	8,5	8,5	7,2	8,6	8,5	0,1	ns
Lau 1	881 ^d	1047 ^c	1017 ^c	1100 ^c	1080 ^c	1242 ^b	1380 ^a	1408 ^a	14	0,0001
Lau 2	2394 ^a	2115 ^{cbd}	2269 ^{ab}	2015 ^d	2215 ^{abc}	2165 ^{cbd}	2080 ^{cd}	2177 ^{abcd}	24	0,0001

UR = Urée Résiduelle en mg d'urée/g de MS ; NT (azote total) et NS (azote soluble) en mg N/g de MS ; NDF, ADF et ADL en % MS ; Lau 1 et Lau 2 en DO₂₈₀/g de MS.

Les lettres (a, b, c, d et e), lorsqu'elles diffèrent sur une même ligne, indiquent une différence significative ($P < 0,05$).

Signification des sigles utilisés par ordre : type de traitement (U = urée ou A = ammoniac). Dose de traitement.

nt = non traité

ns = non significatif

nd = non dosé

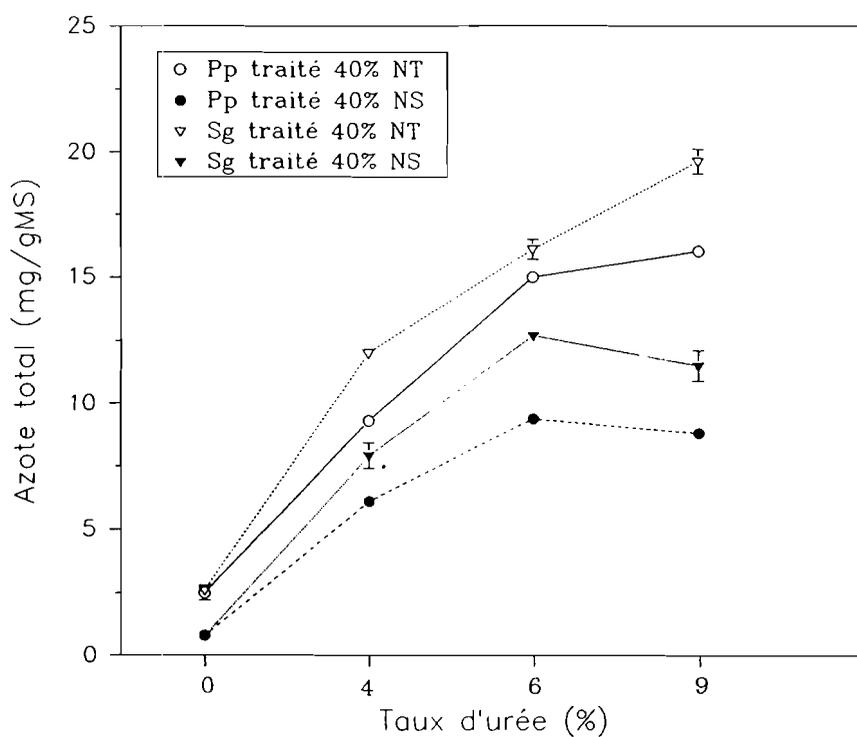


Figure 5a : Effet de la variation de la dose d'urée sur la concentration en azote total et azote soluble de Pp. et Sg. à 40 p.100 d'humidité.

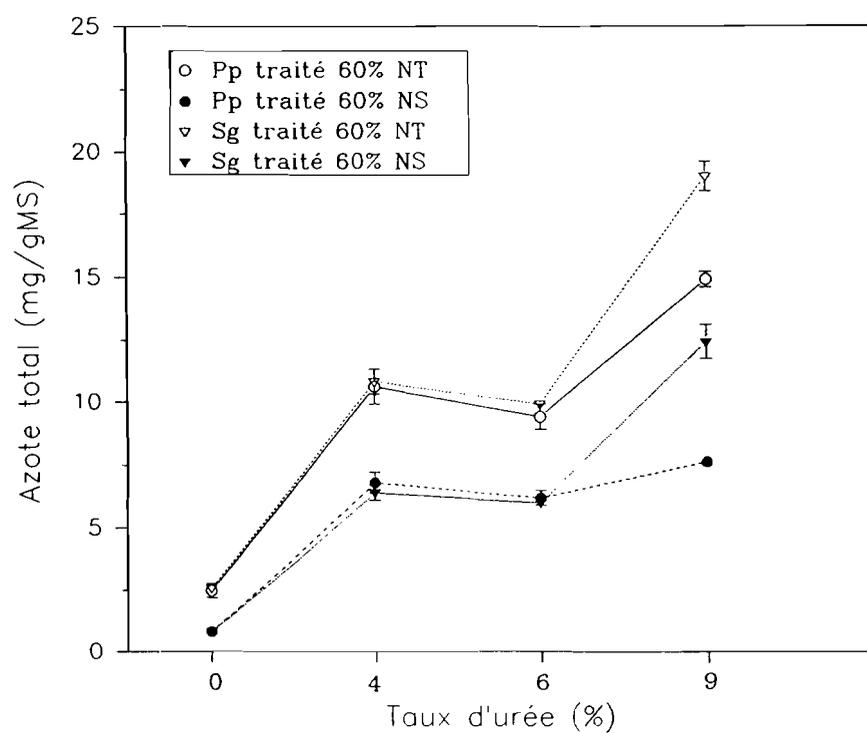


Figure 5b : Effet de la variation de la dose d'urée sur la concentration en azote total et soluble de Pp. et Sg. à 60 p.100 d'humidité.

Les concentrations en azote soluble, mesurées après 5 jours d'aération des fourrages traités, sont assez élevées et représentent 60 à 75 p.100 de NT.

3.2.3. - NDF, Lau 1 et Lau 2 (cf. Tableaux 5, 6 et 7)

A 4 p.100 d'urée et 60 p.100 d'humidité, les teneurs en NDF, bon indicateur de l'attaque alcaline sur les constituants pariétaux, sont abaissées par rapport aux produits non traités de 0,3 à 2,3 points. Seul *Panicum laetum* présente une variation significative de la teneur en NDF de -2,8 points (Tableau 7).

Les quantités de composés phénoliques (fraction Lau 1) libérées par le traitement à 4 p.100 d'urée sont significativement augmentées par rapport aux produits non traités. Ces augmentations sont comprises entre 136 et 331 points, valeur maximale pour *Panicum laetum*. La paille de riz indique une augmentation de 232 points, comparable à celle enregistrée avec l'ensemble des fourrages expérimentés (Tableau 7).

Aux doses de 6 et 9 p.100 d'urée ou 4,5 p.100 d'ammoniac, les modifications biochimiques des parois végétales sont encore plus accusées :

- les teneurs en NDF (Tableaux 5 et 6) sont abaissées avec le traitement à l'urée de 3,7 à 5,2 points pour *Pennisetum pedicellatum*, de 2,5 à 4,5 points pour *Schoenefeldia gracilis*, et, avec le traitement à l'ammoniac, de 5,5 et 3,8 points pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*. Ces différences sont significatives par comparaison avec les produits initiaux, mais il n'existe aucune différence entre chacun des produits traités aux taux de 6 ou 9 p.100 d'urée ou à 4,5 p.100 d'ammoniac.

- avec le traitement à l'urée, les composés phénoliques de la fraction Lau 1 s'élèvent environ de 360 à 475 DO/g de MS pour *Pennisetum pedicellatum*, de 220 à 500 DO/g de MS pour *Schoenefeldia gracilis*. La réponse au traitement à l'ammoniac est plus élevée pour chacun des produits avec une libération de 575 et 527 DO/g de MS respectivement pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*. La réponse de la paille de riz, dans les mêmes conditions de traitement, est plus élevée avec +657 DO/g de MS (Tableau 7).

- le paramètre Lau 2 a été diminué dans tous les cas.

Tableau 7 : Effet du traitement à l'urée et à l'ammoniac sur les caractéristiques biochimiques de *Andropogon pseudapricus*, *Panicum laetum* et de la paille de riz témoin.

Caractéristiques biochimiques							
	NT	NS	NDF	ADF	ADL	Lau 1	Lau 2
<i>Andropogon pseudapricus</i>							
non traité	2,5 ^a	0,8 ^b	83,9 ^a	54,2 ^b	7,2 ^a	981 ^b	2651 ^a
U.4.60	10,3 ^b	7,0 ^a	83,3 ^a	58,9 ^a	4,4 ^a	1288 ^a	2490 ^b
Erreur Standard	0,03	0,1	0,1	0,3	1,5	7	15
Pr>F	0,0001	0,0001	ns	0,0002	ns	0,0001	0,0001
<i>Panicum laetum</i>							
non traité	7,7 ^b	4,1 ^a	74,2 ^a	43,4 ^b	7,0 ^b	1377 ^b	2202 ^a
U.4.60	15,7 ^a	8,4 ^a	71,4 ^b	48,3 ^a	8,6 ^a	1708 ^a	2058 ^a
Erreur Standard	0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	28	44
Pr>F	0,0002	0,02	0,05	0,0002	0,02	0,007	ns
Paille de riz (témoin)							
non traité	5,8 ^{cb}	3,1 ^c	73,7 ^a	45,9 ^a	4,5	653 ^c	1661 ^b
U.4.60	12,1 ^b	8,0 ^b	73,4 ^{ab}	50,9 ^b	4,2	884 ^b	1893 ^a
A.4,5.20	21,1 ^a	11,9 ^b	69,8 ^b	47,2 ^a	5,9	1310 ^a	1530 ^c
Erreur Standard	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	6	15
Pr>F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	ns	0,0001	0,0001

NT (azote total) et NS (azote soluble) en mg/g de MS ; NDF, ADF et ADL en p.100 MS ; Lau 1 et Lau 2 en DO/g de MS

Les lettres (a et b) lecture en colonne, lorsqu'elles diffèrent, montrent une différence significative au seuil $P < 0,05$.

Les analyses ont été effectuées sur des échantillons aérés pendant 5 jours après le traitement

Signification des sigles utilisés par ordre :

type de traitement (U = urée, A = ammoniac). dose de traitement. taux d'humidité.

ns = non significatif

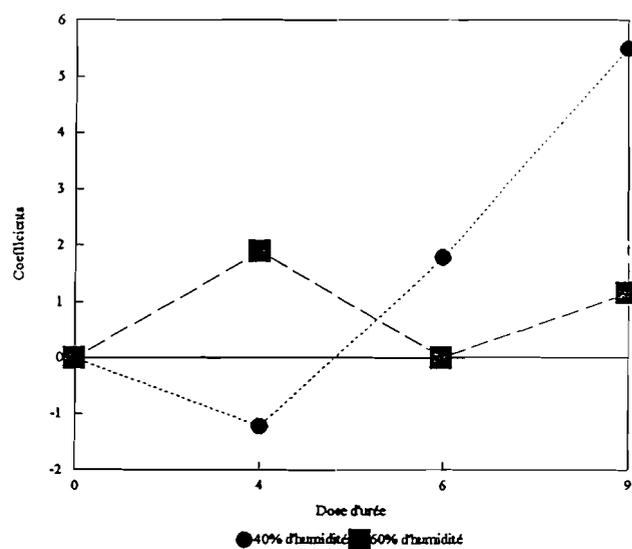
3.3. - Etudes des interactions

L'analyse de variance à partir d'un plan factoriel est une méthode connue pour analyser les résultats d'une étude comportant plusieurs facteurs. Pour notre analyse, nous avons pris en compte l'effet des différents facteurs de façon individuelle ainsi que les interactions de premier ordre entre les facteurs pris deux à deux. L'interaction de second ordre dont l'interprétation est souvent délicate n'a pas été décelée dans notre cas.

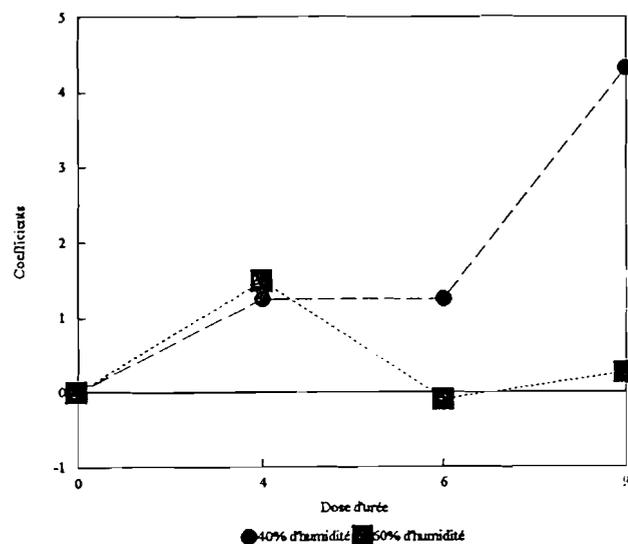
Les interactions de premier ordre, décelées entre la dose d'urée et le taux d'humidité ont été analysées en contraste. Les résultats sont présentés à la Figure 6. Pour chaque variable présentée en fonction de la dose d'urée, nous constatons une évolution discordante entre les taux d'humidité 40 et 60 p.100. Ceci se traduit par des chevauchements entre les deux courbes et est à l'origine des interactions décelées. En conclusion, les deux modalités du facteur taux d'humidité ne sont donc pas additives.

3.4. - Résultats de dégradabilité *in situ* au niveau du rumen

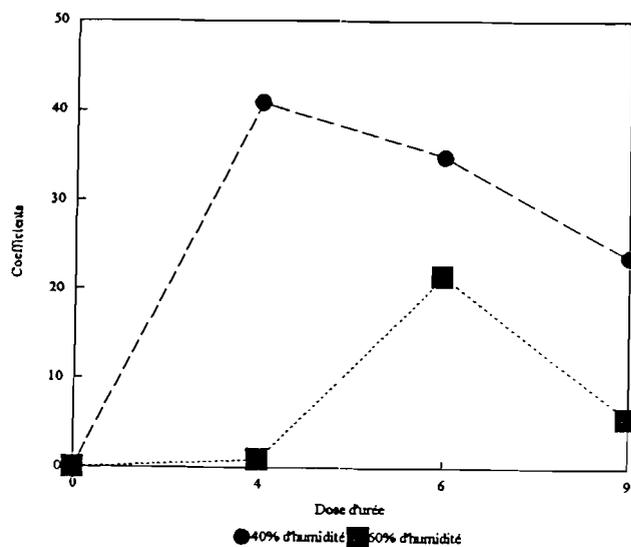
Les paramètres de l'équation d'ØRSKOV et Mc DONALD (1979) ainsi que les valeurs de dégradabilité théorique (estimées pour un taux de passage des particules $k = 0,04 \text{ h}^{-1}$) des produits non traités et traités sont résumés dans le Tableau 8. L'analyse de ce tableau montre un effet fortement positif du traitement à l'urée ou à l'ammoniac sur tous les paramètres de dégradabilité. Les valeurs enregistrées avec la paille de riz sont toujours supérieures à celles obtenues avec chacun des fourrages. Les profils de dégradabilité ajustés par une fonction polynomiale et présentés aux Figures 7 a, 7 b et 7 c illustrent bien cet effet bénéfique du traitement. Les produits traités révèlent une dégradabilité supérieure par rapport aux produits non traités dans tous les cas de figures. L'analyse de variance a confirmé cette supériorité avec un effet traitement très significatif ($P < 0,05$). Les coefficients de corrélations obtenus entre les ajustements sont très forts et montrent bien que la cinétique de dégradabilité suit une fonction polynomiale.



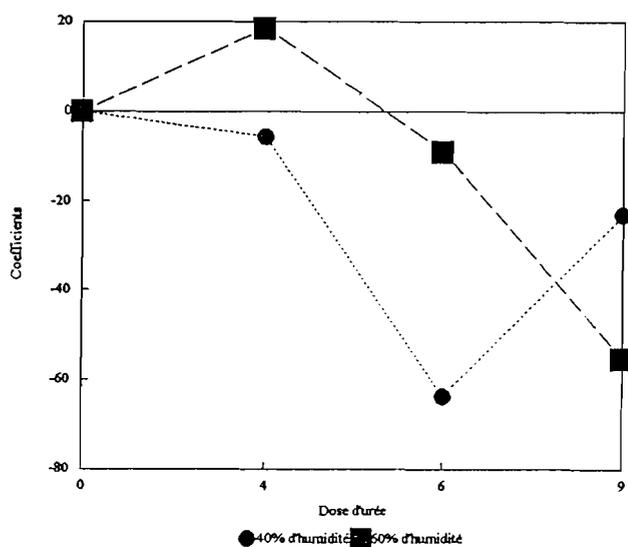
a - Azote total



b - Azote soluble



c - Lau 1



d - Lau 2

Figure 6 : Effet de l'interaction entre doses d'urée et taux d'humidité pour les variables azote total (a), azote soluble (b), Lau 1 (c), Lau 2 (d).

Tableau 8 : Paramètres de dégradabilité *in situ* de la matière sèche estimés à l'aide de l'équation d'ØRSKOV et Mc DONALD (1979).

	a (en p.100)	b (en p.100)	c (en h ⁻¹)	DT (en p.100) pour k = 0,04 h ⁻¹
Pp.nt	10,1	27,8	0,03	20,8
Pp.U.9.40	15,6	52,0	0,02	34,6
Pp.A.4,5.20	12,8	56,2	0,02	31,5
Sg.nt	12,3	34,1	0,02	21,6
Sg.U.9.40	14,6	53,2	0,02	32,3
Sg.A.4,5.20	10,3	43,7	0,04	32,2
PR.nt	13,1	36,4	0,02	25,2
PR.U.4.60	21,0	48,1	0,02	37,0
PR.A.4,5.20	24,7	41,6	0,03	42,6

a = fraction immédiatement soluble

b = fraction progressivement dégradable

c = vitesse de dégradabilité de la fraction progressivement dégradable

DT = dégradabilité théorique

Signification des sigles utilisés par ordre :

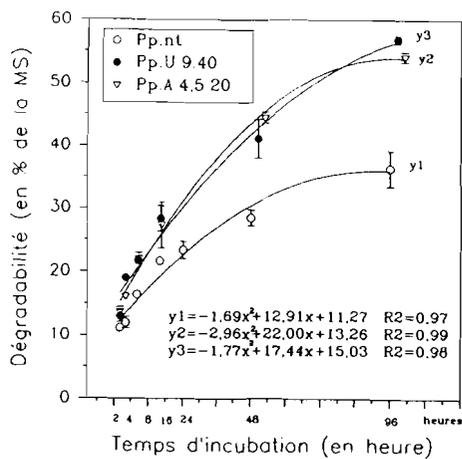
espèce. type de traitement (U = urée ; A = ammoniac). dose de traitement. taux d'humidité.

Sg. = *Schoenefeldia gracilis*

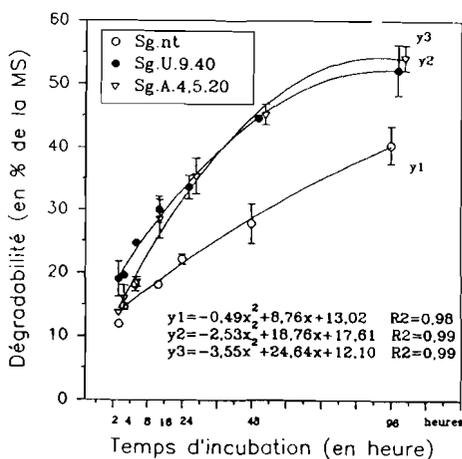
Pp. = *Pennisetum pedicellatum*

PR. = paille de riz

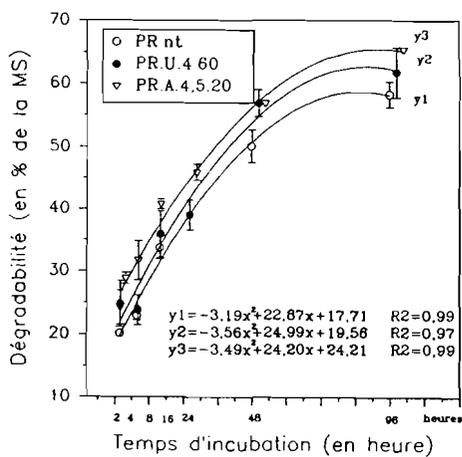
nt = non traité



a - Dégradabilité comparée de Pp.nt, Pp.U.9.40, Pp.A.4,5.20.



b - Dégradabilité comparée de Sg.nt, Sg.U.9.40, Sg.A.4,5.20.



c - Dégradabilité comparée de PR.nt, PR.U.4.60, PR.A.4,5.20.

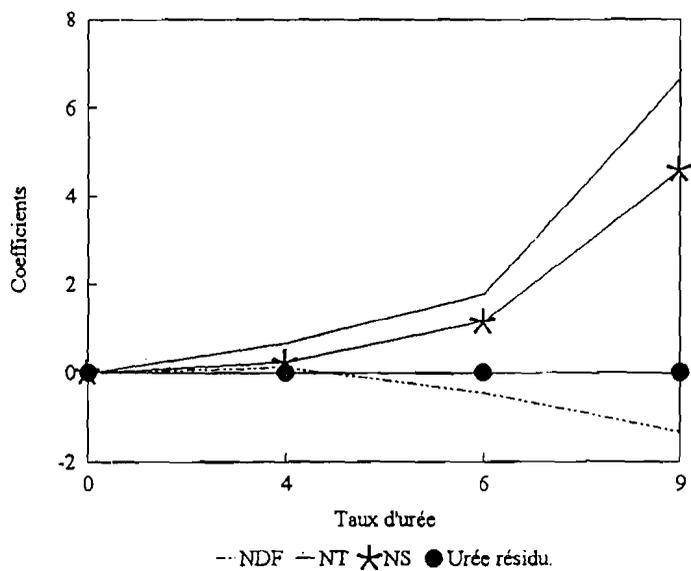
Figure 7 : Dégradabilité comparée des produits non traités, traités urée ou ammoniac en fonction du temps, ajustée à un modèle polynomial (a, b et c).

4. - DISCUSSION

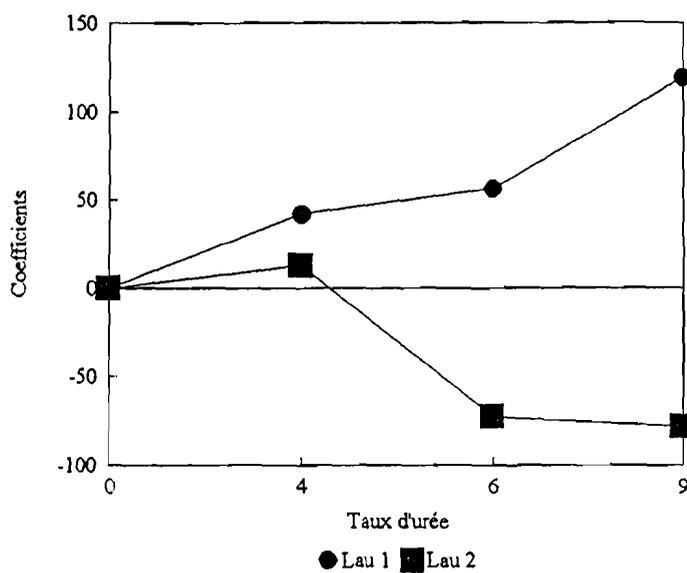
Le traitement à l'urée et/ou à l'ammoniac ont eu un effet significativement ($P < 0,0001$) positif sur les teneurs en azote total et soluble quels que soient le type de fourrage, la dose d'urée et le taux d'humidité (Tableaux 5 et 6). Aucune différence n'existe entre la paille de riz, espèce de type C3, et les fourrages tropicaux, espèces de type C4. Ces résultats sont conformes à ceux rencontrés dans la bibliographie pour de nombreuses pailles traitées à l'ammoniac (SUNDSTØL *et al.*, 1978 ; KIANGI *et al.*, 1981 ; BORHAMI et SUNDSTØL, 1982 ; GORDON et CHESSON 1983, GUILLERMIN *et al.*, 1988, MASON *et al.*, 1990) ou à l'urée (ABDOULI et KHORCHANI 1987 ; BESLE *et al.*, 1990, BESLE *et al.*, 1990, SAHNOUNE 1990 ; MUÑOZ *et al.*, 1991) avec, cependant, des conditions très variables de traitement (dose d'urée variant entre 4 à 9 p.100, et un apport ou non d'une source exogène d'uréase pour favoriser l'uréolyse). Ceci est bien illustré par les résultats de l'analyse par la méthode de contraste, qui met en évidence la réponse positive de la teneur en NT et NS aux doses croissantes d'urée (Figure 8a). Ce résultat est confirmé par plusieurs auteurs : CHENOST *et al.* (1993) avec des tiges de maïs et des traitements à des doses croissantes d'urée montrent des teneurs de plus en plus élevées en azote (Tableau 9).

Au cours du traitement à l'ammoniac, 32 à 37 p.100 de l'alcali apporté est réellement fixé sur les structures végétales. Nos résultats de traitement isoazoté, montrent le même taux de fixation, ce taux est plus important avec des doses d'urée plus faibles (33 à 49 p.100 à 4% d'urée). L'analyse des résultats rassemblés dans le tableau 9 montre une amplitude de taux de fixation très importante. Certains traitements, MUÑOZ *et al.* (1994) et NYARKO-BADOHU *et al.* (1994), réalisés avec des teneurs en humidité trop faible n'ont pas permis sans doute d'assurer une uréolyse totale, les taux de fixation de l'azote sont alors surestimés. Ces auteurs n'ont pas mesuré l'urée résiduelle, nous n'avons pu en tenir compte dans le calcul des taux de fixation. Par contre, si l'humidité est suffisante, comprise entre 33 et 60 p.100 les valeurs obtenues sont en accord avec nos résultats.

Des concentrations en ions NH_4^+ assez élevées sont nécessaires pour déclencher la dégradation des parois végétales (SCHNEIDER et FLACHOWSKY, 1990) et la libération des composés phénoliques (MORRISON, 1974). Par contre, les faibles doses d'urée mais aussi la dilution de l'ion NH_4^+ dans la fraction hydratée des fourrages pourraient expliquer la baisse de l'efficacité des traitements impliquant des teneurs de plus en plus élevées en eau.



a - Azote total, azote soluble, NDF et urée résiduelle.



b - Lau 1 et Lau 2

Figure 8 : Effet de la variation de la dose d'urée sur l'évolution des variables mesurées.

Tableau 9 : Influence du traitement à l'urée sur le taux de fixation de l'azote total.

Nature du fourrage	Caractéristiques du traitement	Azote initial mgN/gMS	Azote après traitement mgN/gMS	%N "fixé"	Références
Mélange Paille-Soja	U.6	-	-	37	GARAMBO (1985)
Paille d'avoine	U.2,5.33	0,74	1,05	43	ILMO(1990)
	U.4,2.33	0,74	1,36	51	
Tiges de maïs	U.4.(40-60)		1,32	36	CHENOST <i>et al.</i> (1993)
	U.6.(40-60)		1,32	24	
	U.8.(40-60)		1,62	26	
Paille de blé	U.4,3.22	0,53	1,98	73	MUÑOZ <i>et al.</i> (1994)
	U.4,3.31	0,53	1,55	48	
	U.4,3.43	0,53	0,98	22	
	U.6,5.21	0,53	2,59	64	
	U.6,5.32	0,53	1,86	50	
	U.6,5.43	0,53	1,39	26	
	U.8.22	0,53	3,5	74	
	U.8.33	0,53	2,61	52	
Paille de blé	U.5.15	0,8	2,56	76	NYARKO BADOHU <i>et al.</i> (1994)
	U.5.30	0,8	2,08	56	
	U.5.45	0,8	1,76	42	

Explication du sigle utilisé : U.x.y = traitement urée. dose d'urée. taux d'humidité.

% N fixé = 100 x quantité d'azote fixé/quantité d'azote apporté pour le traitement. L'azote fixé n'a pas été corrigé dans ces cas par la teneur en urée résiduelle (non indiquée)

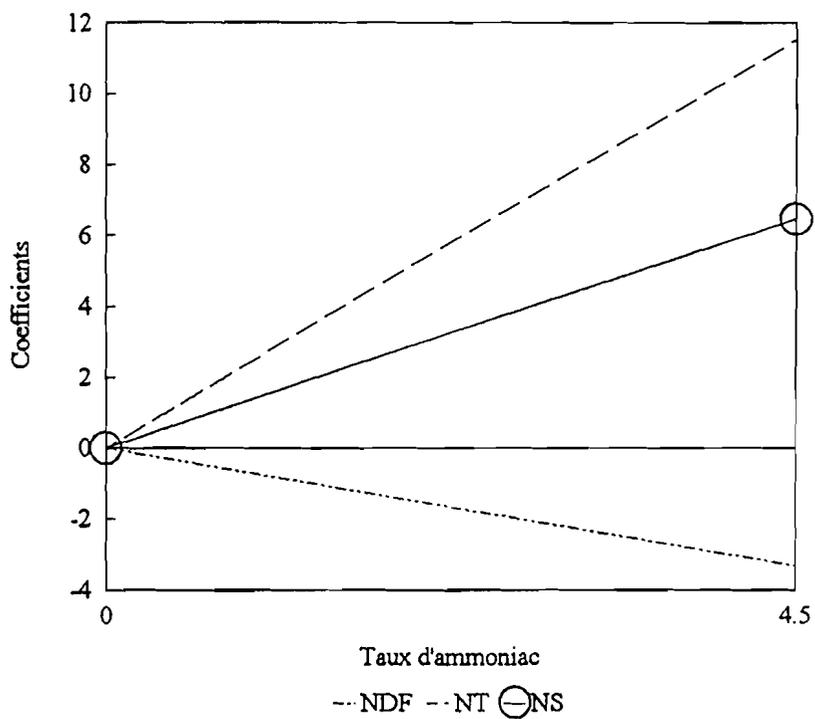
Avec des traitements à l'ammoniac (Tableau 10), les taux de fixation sont équivalents mais plus réguliers, plus élevé pour des faibles doses d'ammoniac, avec les foins (DULPHY *et al.*, 1984 ; MICHALET-DOREAU et GUEDES, 1989) et avec les légumineuses (YAMEOGO *et al.*, 1991).

Tableau 10 : Influence du traitement à l'ammoniac anhydre sur le taux de fixation de l'azote total.

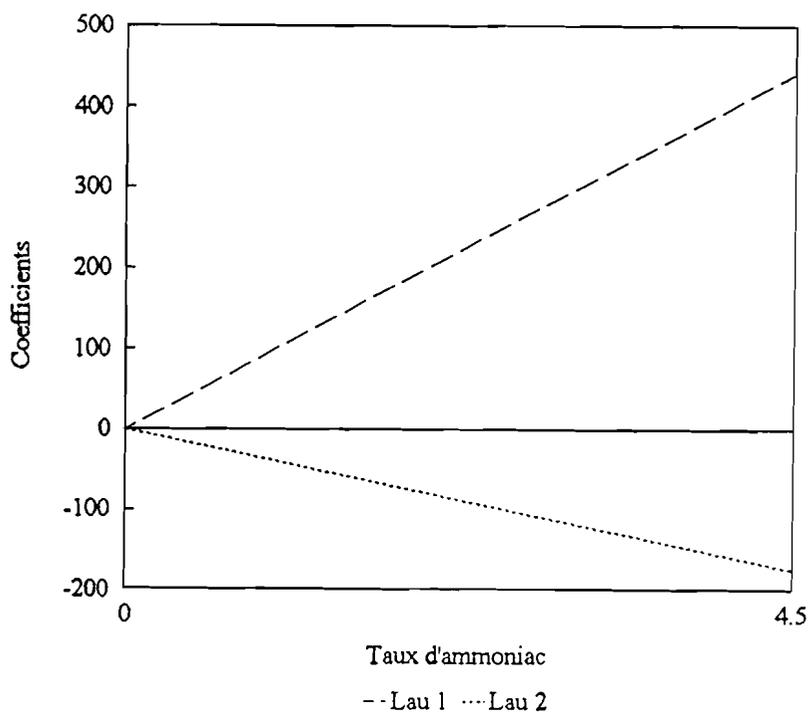
Nature du fourrage	Caractéristiques du traitement	Azote initial mgN/gMS	%N fixé	Références
Paille d'orge	A.4.	0,67	35	GORDEN et CHESSON (1983)
Foin	A.4.		42	DULPHY <i>et al.</i> (1984)
	A.4.		26	
	A.4.		31	
Foin	A.2		45	MICHALET-DOREAU et GUEDES (1989)
	A.5.		23	
Paille d'avoine	A.4,2		31	ILMO (1990)
Fanes de pois	A.3.20	0,54	67	YAMEOGO <i>et al.</i> (1991)
chiche	A.5.20	0,54	40,3	
Paille de blé	A.5.20	0,47	25	

Explication du sigle : A.x.y = traitement ammoniac. dose d'ammoniac. taux d'humidité.
 % N fixé = $100 \times \text{quantité d'azote fixé} / \text{quantité d'azote apporté pour le traitement}$.

Les variations des teneurs en NDF et en composés phénoliques libérés traduisent l'importance des modifications biochimiques au niveau des structures pariétales consécutivement aux traitements alcalins. Ainsi, les traitements au taux de 4 p.100 d'urée ne modifient pas les teneurs en NDF, alors que les traitements à 6 et 9 p.100 d'urée ou 4,5 p.100 d'ammoniac entraînent une baisse significative. Le traitement des résultats au moyen de l'analyse de contraste illustre bien l'importance de ces modifications (Figures 8a, b et 9 a, b). La perte la plus importante de la fraction pariétale obtenue avec les fourrages tropicaux est de l'ordre de 6 points, valeur inférieure à celles observées par HARTLEY (1978), CORDESSE (1982) et SUBAGDJA (1986), moins 10 à 12 points pour la fraction NDF de pailles de céréales de type C3. Avec des doses plus faibles en ammoniac (WAAGEPETERSEN et



a - Azote total, azote soluble et NDF



b - Lau 1 et Lau 2

Figure 9 : Effet de la variation de la dose d'ammoniac sur l'évolution des variables mesurées

VESTERGAARD THOMSEN, 1977 ; HORTON, 1981) ou en urée (MUÑOZ *et al.*, 1991), les diminutions de teneurs en NDF sont semblables à celles que nous avons enregistrées.

Les composés phénoliques libérés dans un tampon neutre Lau 1 augmentent significativement avec la variation de la dose d'urée de 4 à 9 p.100. La différence maximale est obtenue avec le traitement de la paille de riz à l'ammoniac. La désorganisation des parois végétales favorise l'action hydrolytique des enzymes, la vitesse et l'importance des dégradations. Ces dégradations, évaluées au moyen du modèle de ØRSKOV et Mc DONALD (1979) mettent en évidence l'augmentation de tous les paramètres de dégradabilité avec les échantillons traités : solubilité initiale, fraction potentiellement dégradable et vitesse de dégradation. La comparaison des profils de dégradabilité entre les substrats traités montre que l'amélioration de la dégradabilité est plus importante pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* que pour la paille de riz. Cette tendance pourrait s'expliquer par le fait que l'amélioration de la dégradabilité est d'autant plus élevée que la paille est de mauvaise qualité (teneur NDF élevée) (KERNAN *et al.*, 1977).

Les valeurs de dégradabilité théorique obtenues dans nos essais rentrent dans la gamme de celles obtenues par FLACHOWSKY *et al.* (1991), qui ont travaillé avec 51 variétés de céréales traitées à l'urée ou à l'ammoniac, et par SUSMEL *et al.* (1994), qui ont utilisé 40 échantillons provenant de 8 laboratoires. Cependant, la comparaison entre laboratoire, des valeurs de dégradabilité est assez délicate car leur mesure dépendant des conditions expérimentales (FALL Touré, 1993). MICHALET-DOREAU *et al.*, 1987 avaient proposé pour réduire cette variabilité, un protocole qui définit la qualité et la quantité de l'alimentation des animaux, la granulométrie des poudres, la charge par cm² de tamis, la porosité des sacs ainsi que les conditions de lavage des échantillons.

Ainsi, le traitement alcalin des fourrages tropicaux améliore leur valeur azotée, leur dégradabilité mais dans des proportions moins importantes que celles des fourrages ligneux de type C3 soumis au même traitement. Cette différence pourrait provenir des structures histologiques particulières liées aux types de végétaux C3 ou C4.

CONCLUSION

Les fourrages tropicaux, malgré leur structure plus lignifiée caractéristique des plantes du type C4, se comportent comme les pailles cultivées en milieu tempéré. Les traitements à la dose de 4 p.100 d'urée ne provoquent pas de modifications biochimiques suffisantes pour améliorer de façon notable la valeur nutritive des fourrages tropicaux. Cependant, la dose de 9 p.100 d'urée provoque des modifications biochimiques aussi importantes que celles entraînées par le traitement à 4,5 p.100 d'ammoniac, dose habituellement utilisée pour les traitements des meules en zone tempérée. Malheureusement, malgré une durée de traitement de 30 jours, des quantités relativement importantes d'urée résiduelle ont été mesurées. Ces quantités pourraient produire au niveau du rumen 34 à 37 g de PDIN (23 à 26 g d'urée résiduelle), soit presque autant que les PDIN (40 à 50 g) apportés par l'azote ammoniacal fixé par le fourrage. Les risques de toxicité ne sont donc pas à négliger. Nous avons donc actuellement écarté ce modèle de traitement. Nous avons retenu pour la suite des expérimentations une teneur en humidité de 40 p.100, une dose d'urée de 6 p.100 et une durée de traitement de 30 jours. Cette dernière concentration est compatible avec une uréolyse totale, et permet d'assurer un rendement de fixation acceptable suffisante, pour provoquer la désorganisation des parois et obtenir une valeur de 16 mg d'azote par gramme de matière sèche, quantité nécessaire à une bonne alimentation azotée de la microflore du rumen. Ces conditions de traitement sont celles retenues par CHENOST *et al.* (1993).

Pour poursuivre cette étude sur la valorisation des fourrages tropicaux par un traitement à l'urée, des tests d'ingestibilité, de digestibilité et des essais de performances zootechniques ont été réalisés avec deux des quatre espèces végétales testées dans ce chapitre : *Pennisetum pedicellatum* de la zone nord-soudanienne et *Schoenefeldia gracilis* de la zone sahélienne. Ce choix a été raisonné en fonction de la disponibilité des espèces.

**Chapitre II : INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE
DE *PENNISETUM PEDICELLATUM* (Pp.) ET
SCHOENEFELDIA GRACILIS (Sg.) DISTRIBUES
EN L'ETAT, TRAITES A L'UREE OU
COMPLEMENTES EN MATIERES AZOTEES**

Chapitre II : INGESTIBILITE ET DIGESTIBILITE DE *PENNISETUM PEDICELLATUM* (Pp.) ET *SCHOENEFELDIA GRACILIS* (Sg.) DISTRIBUES EN L'ETAT, TRAITES A L'UREE OU COMPLEMENTES EN MATIERES AZOTEES

INTRODUCTION

Les études réalisées avec de petits échantillons dans les conditions du laboratoire nous ont donc permis de retenir le traitement impliquant une dose de 6 p.100 d'urée et une teneur en humidité de 40 p.100. Ce modèle pourrait être appliqué à chacun des fourrages expérimentés. Pour des raisons de faisabilité, nous avons retenu de poursuivre l'étude avec un fourrage provenant de la zone soudanienne *Pennisetum pedicellatum* (Pp.), un autre de la zone sahélienne *Schoenefeldia gracilis* (Sg.). Ces traitements réalisés avec des quantités importantes de fourrages doivent permettre l'étude de la digestibilité et de l'ingestibilité des produits.

L'ingestibilité est la quantité de matière sèche que peut ingérer un animal lorsqu'il est alimenté à volonté avec une tolérance de 10 p.100 de refus avec des fourrages de bonne qualité, et 30 ou 40 p.100 pour ceux de mauvaise qualité. Ce niveau de refus doit être précisé et est choisi de façon à permettre aux animaux d'exercer un tri dans les aliments distribués. Elle s'exprime en gramme de matière sèche ingérée par kg de poids vif ou par kg de poids métabolique. La digestibilité exprime la proportion des divers constituants d'un aliment qui disparaît au cours du transit digestif. Elle se mesure par le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDa). Pour mesurer le CUDa, la technique *in vivo* est unanimement reconnue comme la plus fiable, même si elle implique pour sa réalisation des moyens très lourds, notamment le maintien des animaux en cages de digestibilité pendant plusieurs semaines.

Les fourrages ont été distribués en l'état ou traités à l'urée. Une complémentation en matières azotées avec du tourteau de coton assure l'équilibre azoté entre le produit brut et le produit traité.

1.- MATERIELS

1.1 - Rations testées

Jusqu'au début épiaison, courant septembre, la valeur nutritive des fourrages tropicaux, est assez bonne, malgré un déficit chronique en matières azotées, mais les quantités de matière sèche produites par ha de parcours restent faibles et généralement inférieures à deux tonnes par ha. Après épiaison, la quantité de MS par ha augmente rapidement et la valeur nutritive chute. Les conditions climatiques, pendant la période humide, ne permettent pas la fabrication de foin avec les fourrages au stade herbacé. Les récoltes ne sont donc possibles qu'à partir de la mi-septembre, date à laquelle l'intensité des précipitations et le nombre de jours de pluies diminuent (ZOUNGRANA, 1994).

Pour chacune des deux espèces retenues, *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*, deux périodes de récolte ont été expérimentées.

- La récolte précoce, effectuée courant Septembre au stade début épiaison, a permis de conserver des fourrages avant maturité complète, conditionnés sous forme de foin. A ce stade, les fourrages récoltés sont composés essentiellement de feuilles vertes et de feuilles sèches, de quelques tiges avec les inflorescences formées pour *Pennisetum pedicellatum*, et d'épis pour *Schoenefeldia gracilis*. Le stade de début épiaison était déjà dépassé. Le fourrage récolté à ce stade est séché au soleil (pour obtenir une teneur moyenne de 85 p.100 de MS, DEMARQUILLY, 1987), puis stocké dans un abri bien ventilé. Malheureusement, cette première récolte était destinée à être distribuée aux animaux sans aucun traitement chimique.

- La récolte tardive, a eu lieu courant Octobre-Novembre sur des fourrages très lignifiés, à maturité complète (stade dissémination des graines). Ces fourrages ont été traités, à la dose de 6 p.100 d'urée après humidification à 40 p.100, pendant une durée de 30 jours. Une partie n'ayant pas subi le traitement chimique sera utilisée en l'état.

Les rations testées dans cet essai sont résumées dans le tableau 11 :

Tableau 11 : Rations expérimentées dans les essais 1 et 2.

	Essai 1	Essai 2
Rations	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	<i>Schoenefeldia gracilis</i>
Récolte tardive traitée	Lot 1	Lot 1
Récolte tardive non traitée + tourteau de coton (1)	Lot 2	Lot 2
Récolte précoce non traitée	Lot 3	Lot 3
Récolte tardive non traitée		Lot 4

(1) Le tourteau est apporté de manière à avoir la même teneur en azote que le fourrage traité.

Essai 3 : *Schoenefeldia gracilis* zone sahélienne. récolte précoce avec ou sans conservateur (Ingestibilité)

Le niveau d'ingestion très faible enregistré avec *Schoenefeldia gracilis*, récolte précoce non traitée à l'urée dans l'essai 2, a été attribué à la présence des inflorescences. Nous avons voulu reprendre cette mesure en autorisant un choix alimentaire plus important. Deux lots de fourrages récoltés au stade précoce épiaison ont été utilisés. L'un, lot 1, est distribué sous forme de foin, le deuxième, lot 2, a été traité au taux de 2 p.100 d'urée et 40 p.100 d'humidité. Ce traitement a pour objectif la conservation d'un produit encore humide plus que son amélioration. Après traitement, il a été conditionné comme les lots précédents.

1.2.- Traitements des fourrages

A chacun des stades définis selon nos objectifs, les fourrages ont été coupés, fanés ou non, récoltés et bottelés manuellement (*Pennisetum pedicellatum*) ou mécaniquement (*Schoenefeldia gracilis*). Le traitement a été effectué sur du fourrage à brins réduits de 20 à 30 cm de long à l'aide d'un coupe-coupe pour faciliter la réalisation du traitement, un meilleur tassement du fourrage et une meilleure répartition du produit chimique. Chaque botte est pesée. La matière sèche est déterminée par séjour de 48 heures dans une étuve ventilée, réglée à la température de 65°C.

Une fosse à parois et sol bétonnés, normalement destinée à la réalisation d'ensilages, a été utilisée comme site de traitement.

La technique de traitement est celle décrite par SCHIERE *et al.*, (1988). Les solutions d'urée ont été réalisées de façon à obtenir les apports de 6 p.100 d'urée par rapport à la MS et une humidité du produit final de 40 p.100. Comme les teneurs en MS varient d'une façon notable selon les saisons et les lots, le calcul rigoureux suivant a été appliqué :

$$\text{Produit brut initial} \times \text{p.100 MS} = \text{Produit final} (1 - 0,40)$$

Exemple pour 10 kg de fourrage brut ayant une teneur de MS de 90 p.100

$$10 \text{ kg} \times 0,9 / 0,6 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{Valeur d'eau à apporter} : 15 - 10 = 5 \text{ kg}$$

$$\text{Quantité d'urée à apporter} : 10 \text{ kg} \times 0,9 \times 0,06 = 0,54 \text{ kg}$$

Donc, 540g d'urée sont solubilisées dans 5 litres d'eau pour asperger 10 kg de paille brute.

Le traitement est appliqué, par arrosage du produit de chaque botte étalé à la surface du tas et piétiné afin de tasser l'ensemble. Les couches successives sont croisées pour diminuer la vitesse de l'infiltration de la solution d'urée. La dernière couche de fourrage avant recouvrement d'étanchéité n'est pas traitée. Deux bâches placées aux deux extrémités du silo et débordant largement la meule permettent une couverture étanche de la meule. Cette étanchéité est renforcée après couverture de la meule au moyen d'un cordon de "banco" sur les raccords entre les deux bâches et les points de jonctions de la meule avec les murs du silo. Le tout est ensuite recouvert de tiges de pailles de brousse, pour tempérer l'effet de l'ensoleillement.

Après 30 jours de traitement la meule est ouverte, six échantillons sont immédiatement prélevés à trois niveaux au sein de la meule, avec deux échantillons par niveau. Un échantillon au centre de la meule et deux à 20 cm du haut et du bas. Le reste du produit est séché au soleil jusqu'à ce que le taux de matière sèche soit supérieur à 90 p.100 et stockés à l'abri. Ces échantillons destinés au dosage de l'urée résiduelle ont été analysés séparément.

1.3.- Animaux

Tous les animaux ont subi, en début d'essai, un traitement de déparasitage interne et externe, une vaccination contre les principales maladies contagieuses du bétail (pasteurellose et peste des petits ruminants) et ont reçu deux doses d'un complexe vitaminique (Bolvit) à deux semaines d'intervalle.

* Dans les essais 1 et 2, nous avons utilisé pour chaque lot, 6 ovins mâles non castrés, de race Djallonké de la souche locale "Mossi", âgés d'environ 15 mois et de poids variant entre 17 et 25 kg ; soit 18 et 24 animaux pour, respectivement, l'essai 1 et l'essai 2.

* Dans l'essai 3, nous avons utilisé 20 agnelles de la même race, âgées d'environ 16 mois et d'un poids moyen compris entre 12 et 18 kg (moyenne de 14 kg). Elles ont été réparties en 2 lots de 10.

2 - METHODES

2.1.- Allotement

Au début de chaque essai, les animaux ont été repartis en lots selon une distribution au hasard et l'affectation des régimes aux lots a également été faite au hasard (modèle aléatoire complet ou randomisé).

Les animaux ont été maintenus dans des cages à métabolisme qui permettent de contrôler les quantités d'aliments ingérés et refusés et de récupérer séparément les fèces émises chaque jour par animal. Pour cela les animaux sont munis de sacs à fèces permettant une récolte totale.

2.2.- Protocole expérimental

2.2.1.- Alimentation

Les rations ont été distribuées au départ au niveau de l'entretien (2,5 p.100 du poids vif, RIVIERE, 1991) puis réajustées quotidiennement pendant la période d'adaptation pour atteindre le niveau de refus choisi : 20 p.100 dans les essais 1 et 2, et 40 p.100 dans l'essai 3.

Dans les 3 essais, les aliments ont été distribués en 2 repas à 9 h et à 15 h. Pour les lots recevant la complémentation, le concentré était offert en un seul repas avant la distribution du foin du premier repas. Chaque jour, un échantillon de chaque aliment a été prélevé pour déterminer la teneur en MS.

L'eau et un complément minéral (12P, marque déposée produite par "Les salins du midi", France) ont été distribués *ad libitum* tout au long des essais. La composition chimique de la pierre à lécher est résumée dans le Tableau 12. Les caractéristiques du tourteau de coton par rapport à la matière sèche sont de 45,1 p.100 de MAT, 8 p.100 de cellulose brute (CB), 10,7 p.100 de matières grasses, 6,7 p.100 de matières minérales. La valeur énergétique calculée est de 1,14 UFV/kg de MS et 1,17 UFL/kg de MS (SAUVANT, 1981).

* Dans les essais 1 et 2, nous avons appliqué 3 semaines d'adaptation et 10 jours de collecte,

* Dans l'essai 3, nous avons adopté 3 semaines d'adaptation et 3 semaines de collecte

Tableau 12 : Composition chimique de l'aliment minéral 12P, fabriqué par les salins du midi, France (pour bovins, ovins, caprins et chevreaux).

Eléments	Teneurs
Matières minérales totales	au minimum 75%
Phosphore	au minimum 12%
Solubilité citrique du Phosphore	au minimum 100%
Calcium	au minimum 8%
Sodium	au minimum 16%
Magnésium	2000 mg/kg
Fer	1100mg/kg
Manganèse	360mg/kg
Cuivre	400mg/kg
Zinc	50mg/kg
Chlorure (sous forme NaCl)	au maximum 43%
Insoluble chlorhydrique	au maximum 1,5%

2.2.2.- Collecte des données

- Les quantités ingérées ont été mesurées par des pesées quotidiennes des aliments distribués et refusés. Ces pesées ont été effectuées pour le foin avec un peson HOMS de portée maximale de 1 kg et de précision 10g et celle du concentré à l'aide d'une balance électronique de précision (10⁻³g). Un échantillon a été prélevé quotidiennement broyé et stocké en milieu étanche pour analyses.

Les refus ont été collectés, pour chaque animal pendant toute la période expérimentale. A la fin de la période, un échantillon a été prélevé après homogénéisation. Cet échantillon a été broyé (grille 1 mm) et stocké en milieu étanche avant analyses.

- L'évolution pondérale des animaux a été suivie par pesée hebdomadaire, le matin à jeun, à l'aide d'un peson de portée de 50 kg et de précision 200g.

- Les fèces ont été collectés tous les jours à la même heure (9h) pour chaque animal. La quantité totale est pesée. La matière sèche des fèces est déterminée sur un échantillon prélevé en double et maintenu dans une étuve ventilée pendant 24h à la température de 105°C ; par

ailleurs, environ 20 p.100 des fèces ont été retenus puis séchés à l'étuve à 60°C pendant 24h. Ces quantités séchées ont été réunies par animal sur la durée totale de l'expérience. A la fin de l'expérience, un échantillon a été prélevé après homogénéisation, broyé (grille 2 mm) et stocké en milieu étanche pour servir aux dosages des différents constituants chimiques. Avant d'éliminer le reste des fèces collectés dans la journée, une dernière portion est prélevée (environ 20 p.100), conditionnée, étiquetée et congelée. Elle constitue un stock de sécurité.

2.3 - Analyses chimiques

L'urée résiduelle a été dosée sur tous les fourrages traités selon la technique décrite dans le chapitre 1.

Les échantillons d'aliments distribués, d'aliments refusés et de fèces ont fait l'objet des analyses suivantes : détermination des teneurs en matière sèche (MS), matière organique (MO) et matière azotée totale (MAT) selon les méthodes de l'A.O.A.C (1984) ainsi que celles en Free NDF (Neutral Detergent Fiber déminéralisé), ADF (Acid Detergent Fiber), ADL (Acid Detergent Lignin) selon les méthodes décrites par ROBERTSON et VAN SOEST (1981).

2.4. - Calculs

Les CUDa sont déterminés pour chaque ration expérimentées, par animal pour la période de 10 jours de collecte et pour tous les constituants chimiques MS, MO, MAT, NDF, ADF suivant la formule générale :

$$\text{CUDa (en p.100)} = (\text{QUANTITE INGEREE} - \text{QUANTITE FECALE}) / \text{QUANTITE INGEREE} * 100$$

Les valeurs retenues correspondent à la moyenne de six résultats individuels.

3.- ANALYSES STATISTIQUES

Le dispositif expérimental utilisé dans les 3 essais est un bloc aléatoire complet ou dispositif randomisé. L'analyse de variance est effectuée à l'aide du logiciel SAS (1982) en utilisant la procédure GLM (General Linear Models Procedure) ; les moyennes sont hiérarchisées grâce au test de Scheffé. Ce test est utilisé en raison de l'inégalité des observations par lot.

4. - RESULTATS

Dans les essais 1 et 2, nous avons enregistré respectivement un taux de refus de 19 ± 4 p.100 et 21 ± 4 p.100.

Dans l'essai 3, pour compenser la faible ingestibilité liée à la présence des inflorescences, le taux de refus a été maintenu volontairement élevé (40 p.100 pour le lot 1, 30 p.100 pour le lot 2) ce qui nous a amené à distribuer une quantité importante d'aliment, soit 3,5 p.100 et 4 p.100 du PV respectivement pour les lots 1 et 2.

Afin de comparer les niveaux d'ingestion entre animaux de poids différents, les quantités ingérées sont exprimées par rapport à leur poids métabolique (tableaux 15, 16 et 17).

4.1. - Composition chimique des rations testées

La composition chimique des rations testées est résumée dans le tableau 13. L'analyse de ce tableau montre que les récoltes précoces de *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* ont des valeurs azotées équivalentes (respectivement 6,0 et 6,1 p.100 de MAT). Les teneurs en NDF sont importantes respectivement 75 et 73 p.100. Les fourrages de récolte tardive sont très pauvres en MAT, avec des teneurs de 4,0 et 2,2 p.100 respectivement pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*, tandis que les teneurs en NDF sont plus élevées que celles du fourrage récolte précoce, 79,8 et 75,1 p.100.

Le traitement à l'urée des produits de récolte tardive, améliore la teneur en MAT : de 10,4 points pour *Pennisetum pedicellatum*, mais seulement 7,2 points pour *Schoenefeldia gracilis*. Les teneurs en NDF diminuent d'environ 3 points sous l'effet du traitement.

Tableau 13 : Composition chimique des rations utilisées lors des 3 essais.

	Type de rations	MO	MAT	NDF	ADF	ADL
Essai 1 Pp.	récolte précoce non traitée	90,5	6,0	75,0	46,8	5,0
	récolte tardive non traitée	91,6	4,0	79,8	49,5	6,2
	récolte tardive traitée	93,5	14,4	75,8	55,2	8,2
	récolte tardive non traitée + tourteau coton	91,5	15,6	73,2	49,0	8,5
Essai 2 Sg.	récolte précoce non traitée (1)	89,4	6,1	73,0	43,2	5,0
	récolte tardive non traitée	90,6	2,2	75,1	46,0	5,3
	récolte tardive traitée	91,0	9,4	72,4	51,0	9,6
	récolte tardive non traitée + tourteau coton	90,5	8,5	73,7	43,3	5,1
Essai 3 Sg.	récolte précoce non traitée (1)	89,4	6,1	73,0	43,2	5,0
	récolte précoce traitée (2)	88,8	9,6	72,4	46,5	7,1

Les valeurs sont exprimées en p.100 de MS

(1) même fourrage dans les deux essais

(2) Traitement effectué à 2 p.100 d'urée et 40 p.100 d'humidité.

Pp. = *Pennisetum pedicellatum*

Sg. = *Schoenefeldia gracilis*

La teneur en MAT des rations complémentées en tourteau de coton est très peu différente de celle des produits de récolte tardive traités avec respectivement 15,6 et 14,4 p.100 pour *Pennisetum pedicellatum* et 8,5 et 9,4 p.100 pour *Schoenefeldia gracilis*.

Schoenefeldia gracilis récolte précoce, utilisée dans l'essai 3, voit sa valeur MAT augmenter de 3,5 points sous l'effet du traitement à 2 p.100 d'urée. La teneur en NDF n'est pas modifiée significativement.

Le dosage de l'urée résiduelle sur les produits traités révèle dans les échantillons de *Pennisetum pedicellatum* $3,1 \pm 2,4$ mg/gMS ne moyenne. L'écart type de 2,4 est très élevé et s'explique par la variation importante entre les trois niveaux de prélèvements dans la meule du fourrage à distribuer (haut, milieu et fond) mais également pour chacun des produits ; les moyennes obtenues pour chaque niveau sont respectivement $1,5 \pm 0,2$; $3,3 \pm 2,4$ et $3,5 \pm 2,9$ mg/gMS. Selon HASSOUN (1987), l'uréolyse se poursuivrait après le traitement surtout lorsque le produit traité est séché au soleil. Si l'urée résiduelle n'était pas résorbée au cours du séchage ; elle fournirait au maximum $(3,5 + 2,6) \times 1,47 = 7,9$ g de PDIN, valeur ne pouvant provoquer de gêne aux animaux. Aussi, la teneur en MAT du *Pennisetum pedicellatum* traité

n'a pas été corrigée pour tenir compte de l'urée résiduelle car les produits traités ont été séchés au soleil afin d'obtenir un produit homogène pour toute la durée expérimentale.

4.2 - Ingestibilité et digestibilité

4.2.1.- Essai 1 : *Pennisetum pedicellatum*

La composition chimique des refus (tableau 14) montre que les animaux exercent un tri très sélectif. Ils prélèvent les fractions les plus riches en MAT et écartent les fractions les plus lignifiées. Le niveau de refus de 20 p.100 retenu était certainement sévère.

Les résultats d'ingestibilité des rations à base de Pp. et la digestibilité des différents composants chimiques sont résumés dans le tableau 15. Entre les trois lots mis en comparaison, le lot 2, *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée complémentée avec du tourteau de coton présente des valeurs significativement plus importantes par rapport aux deux autres lots pour les quantités ingérées. Les digestibilités de la MS et de la MO sont significativement plus importantes pour la récolte tardive complémentée avec du tourteau (Lot 2) par rapport au produit traité (Lot 1), mais ne diffère pas des résultats obtenus avec le *Pennisetum pedicellatum* récolté précocement (Lot 3). Par contre, aucune différence n'existe entre les lots 1 et 3 pour ces valeurs. La digestibilité des constituants pariétaux ne présente pas de différence significative entre les 3 lots testés. Ainsi, le traitement à l'urée, la complémentation isoazotée par rapport au traitement ou la coupe précoce entraînent le même niveau d'utilisation des parois.

La digestibilité des MAT est significativement plus faible pour le lot 3 qui correspond à la récolte précoce non traitée.

Tous les animaux ingèrent suffisamment de MOD pour couvrir leurs besoins d'entretien estimés à 23 g de MOD/kgP^{0,75} (INRA, 1978). Cette valeur est particulièrement élevée pour le lot 2, ration enrichie en tourteau : 49 g/kgP^{0,75}.

Nous avons observé, lors de la période d'adaptation, que les animaux recevant le *Pennisetum pedicellatum*, récolte tardive non traitée, subissaient un amaigrissement très grave, compromettant leur état de santé. Cette tentative de mesure de l'utilisation digestive du *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée, a alors été arrêtée.

Tableau 14 : Composition chimique des aliments refusés et des aliments distribués de l'essai 1 (*Pennisetum pedicellatum*)

		MO	MAT	NDF	ADF	ADL
Lot 1 Pp. récolte tardive traîtée	Moyenne refus	94,7±0,6	9,8±0,9	86,3±1,1	60,4±1,5	10,4±0,7
	Aliment	93,5	14,4	75,8	55,2	8,0
Lot 2 Pp. récolte tardive non traîtée + tourteau	Moyenne refus	93,5±0,2	3,1±0,7	86,1±1,7	56,0±0,6	8,8±0,32
	Aliment	91,5	15,6	73,2	49,0	8,5
Lot 3 Pp. récolte précoce non traîtée	Moyenne refus	93,7±0,2	3,0±0,2	84,9±0,4	57,7±0,9	8,6±0,2
	Aliment	90,5	6,0	75,0	46,8	5,0

Les teneurs sont exprimées en p.100. Les moyennes et les écart-types, pour les refus, sont calculés à partir de 6 valeurs.

4.2.2.- Essai 2 : *Schoenefeldia gracilis*

Comme dans l'essai précédent, la composition chimique des aliments refusés (Tableau 16) témoigne d'un tri efficace des animaux. Les fractions très lignifiées, pauvres en MAT, constituent le stock refusé. Dans le lot 3, la teneur élevée en MAT des refus s'explique par la présence d'inflorescences peu appétantes.

Les résultats d'ingestibilité, de digestibilité et l'analyse statistique de cet essai sont présentés dans le tableau 17. La comparaison du lot 1 avec les lots 2 et 4 met en évidence l'efficacité du traitement à l'urée. Ainsi, le traitement augmente de façon significative l'ingestibilité, de 13,1 et 25,8 g/kgP^{0,75} points respectivement par rapport au lot 2 et au lot 4. Le lot 3, récolte précoce est par contre, mal ingéré avec seulement 28,1 g/kgP^{0,75}.

Tableau 15 : Ingestibilité des rations à base de *Pennisetum pedicellatum*, récolte précoce et récolte tardive, traitée ou complétée avec du tourteau et digestibilité des composants chimiques.

Variables	Lot 1 : Pp. récolte tardive Traitée	Lot 2 : Pp. récolte tardive non traitée + tourteau (1)	Lot 3 : Pp. récolte précoce non traitée	Erreur standard	Pr>F
QI (g/kg PV)	25,3 ^b	37,8 ^a	24,3 ^b	0,6	0,0001
QI (g/kg P ^{0,75})	53,4 ^b	80,9 ^a	50,9 ^b	1,4	0,0001
CUDa MS (%)	55,4 ^b	63,5 ^a	58,3 ^{ab}	0,9	0,009
CUDa MO (%)	58,4 ^b	66,2 ^a	60,0 ^{ab}	1,1	0,02
CUDa NDF (%)	63,6 ^a	68,7 ^a	64,5 ^a	0,8	0,05
CUDa ADF (%)	66,0 ^a	70,2 ^a	66,0 ^a	0,7	0,04
CUDa MAT (%)	72,2 ^a	72,8 ^a	42,0 ^b	1,1	0,0001
MODI (g/kgP ^{0,75})	29,2	49,0	27,6	-	-

Les lettres (a et b) lecture en ligne, lorsqu'elles diffèrent, indiquent une différence significative au seuil (P<0,05).

(1) Le tourteau représente 24 p.100 de la MS de la ration globale ingérée, soit 220 à 250 g suivant les quantités ingérées par animal

QI = quantité ingérée, MODI = matière organique digestible ingérée.

A l'exception de la digestibilité des MAT, celles des autres composants de Sg, sont significativement augmentés avec le lot traité par rapport aux lots non traités. Cette augmentation est de 15,9 points et 25,9 points pour, respectivement la MO et le NDF par rapport au lot non traité.

La digestibilité des MAT est significativement augmentée entre le lot 1 et le lot 4. La valeur obtenue avec le produit non traité est très faible étant donnée la teneur initiale en MAT de 2,2 p.100, incompatible avec les besoins des ruminants.

Tableau 16 : Composition chimique des aliments refusés et des aliments distribués de l'essai 2 (*Schoenefeldia gracilis*).

		MO	MAT	NDF	ADF	ADL
Lot 1 Sg. récolte tardive traîtée	Moyenne refus	91,6±0,3	7,9±0,5	78,7±1,2	56,8±1,5	9,9±0,4
	Aliment	91,0	9,4	72,4	51,0	9,6
Lot 2 Sg. récolte tardive non traîtée+tourteau	Moyenne refus	91,5 ±0,3	2,8 ±0,6	82,2±0,9	48,6±1,4	6,5±0,8
	Aliment	90,5	8,5	73,7	43,3	5,1
Lot 3 Sg. récolte précoce non traitée	Moyenne refus	88,1±0,7	7,5±0,5	78,7±0,7	36,6±1,2	5,1±0,1
	Aliment	89,4	6,1	73,8	43,2	5,0
Lot 4 Sg. récolte tardive non traitée	Moyenne refus	92,2 ±0,3	1,9 ±0,4	81,7±1,2	48,2±1,4	6,0±0,7
	Aliment	90,4	2,2	75,1	46,0	5,3

Les teneurs sont exprimées en p.100. Les moyennes et les écart-types pour les refus sont calculés à partir de 6 valeurs.

La quantité de MOD ingérée par les animaux permet de couvrir les besoins des animaux dans le cas du fourrage traité ou complémenté. Par contre ces besoins ne sont pas couverts avec les produits bruts (Lots 3 et 4).

Ces résultats montrent que le traitement à l'urée permet non seulement d'augmenter l'ingestibilité, mais aussi, l'efficacité digestive des fractions NDF et ADF par rapport à du fourrage non traité et à la complémentation isoazotée.

4.2.3.- Essai 3 : Ingestibilité de Sg, récolte précoce avec ou sans conservateur

L'ingestibilité et les résultats de l'analyse statistique portant sur cet essai sont résumés dans le Tableau 18. Dans cet essai, l'augmentation des possibilités de choix accordées aux animaux favorise le niveau d'ingestion : pour les apports fixés à 4 p.100 du poids vif les refus sont de 40 p.100 et cette ration est ingérée à raison de 34,7 g/kgP^{0,75}. L'ingestion était de 28,1 g/kgP^{0,75} au cours de l'essai 2 lorsque les quantités distribuées étaient plus limitées avec un taux de refus de 20 p.100. Après traitement à 2 p.100 d'urée, les quantités ingérées ont fortement progressé : elles passent à 52,5 g/kgP^{0,75} avec un taux de refus de 30 p.100 pour des apports fixés à 3,5 p.100 du poids vif. Les différences entre les deux lots sont significatives.

La quantité de MOD ingérée par les animaux permet de couvrir les besoins seulement dans le cas du fourrage conservé par un traitement à 2 p.100 d'urée.

Tableau 17 : Ingestibilité des rations *Schoenefeldia gracilis* récolte précoce et récolte tardive, traitée ou complétée avec du tourteau et digestibilité des composants chimiques.

Variables	Lot 1 : Sg. récolte tardive traitée	Lot 2 : Sg. récolte tardive + tourteau (1)	Lot 3 : Sg. récolte précoce non traitée	Lot 4 : Sg. récolte tardive non traitée	Erreur standard	Pr>F
QI (g/kg PV)	31,6 ^a	25,5 ^b	14,1 ^d	20,0 ^c	0,5	0,0001
QI (g/kg P ^{0,75})	67,2 ^a	54,1 ^b	28,1 ^d	41,4 ^c	1,1	0,0001
CUDa MS (%)	55,3 ^a	46,0 ^b	45,2 ^b	40,2 ^c	0,8	0,0001
CUDa MO (%)	61,7 ^a	50,8 ^{cb}	52,7 ^b	45,8 ^c	0,8	0,0001
CUDa NDF (%)	73,2 ^a	52,5 ^b	53,0 ^b	47,3 ^b	0,9	0,0001
CUDa ADF (%)	61,7 ^a	53,2 ^b	55,3 ^{ab}	51,5 ^b	0,8	0,002
CUDa MAT (%)	41,8 ^a	55,5 ^a	53,3 ^a	-63,7 ^b	1,8	0,0001
MODI (g/kg P ^{0,75})	37,3	24,7	13,2	17,1	-	-

Les lettres (a, b et c) lecture en ligne, lorsqu'elles diffèrent, indiquent une différence significative (P<0,05).

(1) Le tourteau représente 13,4 p.100 de la MS de la ration totale, soit 62 à 124 g en fonction des quantités ingérées par animal.

Tableau 18 : Ingestibilité de *Schoenefeldia gracilis* récolte précoce non traité et traitée (Essai 3)

Variables	Lot 1 : Sg. récolte précoce non traitée	Lot 2 : Sg. récolte précoce traitée	Erreur standard	Pr>F
QI (g/kgPV)	18,0 ^b	27,2 ^a	0,9	0,001
QI (g/kgP ^{0,75})	34,7 ^b	52,5 ^a	1,6	0,0006
MODI (g/KgP ^{0,75})	16,4	24,6	-	-

Les lettres (a, et b) lecture en ligne, lorsqu'elles diffèrent, indiquent une différence significative au seuil (P<0,05).

5.- DISCUSSION

Les résultats obtenus dans ces différents essais montrent un effet significativement positif ($P < 0,05$) du traitement à l'urée sur les quantités ingérées et la digestibilité de la matière organique. Ces résultats sont en accord avec les observations de nombreux auteurs qui ont évalué les effets du traitement à l'urée et à l'ammoniac sur les quantités ingérées et sur la digestibilité des pailles. Nous citons, à titre d'exemple les plus récents : BESLE *et al.* (1990), NEFZAOUI (1994), NYARKO-BADDOHU (1994) sur la paille de blé et MUÑOZ *et al.* (1994) avec la paille de blé et la paille d'orge. BEN SALEM et NEFZAOUI (1993) ont aussi signalé une amélioration de l'ingestion et de la digestion de la MS de la paille après traitement à l'urée. Les valeurs, ainsi obtenues, ont varié respectivement de 32,4 g/kgP^{0,75} et 59,9 p.100 pour les pailles non traitées à 46,0 g/kgP^{0,75} et 67,2 p.100 pour les pailles traitées. Avec un fourrage tropical (*Cynodon nlemfuensis*) traité à 4 p.100 d'ammoniac, BROWN (1988) rapporte également une amélioration de l'ingestibilité et de la digestibilité de la matière organique avec des bovins.

L'augmentation des quantités de paille ingérées après traitement peut s'expliquer par l'action de différents paramètres qui agissent en synergie :

- augmentation de la vitesse d'ingestion et de mastication : MASSON *et al.* (1989) ont en effet mis en évidence avec des pailles d'orge non traitées et traitées, une augmentation de la vitesse d'ingestion de 30 à 58 p.100 respectivement chez des ovins et chez des caprins, associée à une augmentation de la vitesse de mastication de 18 à 58 p.100. Ces auteurs avaient en fait utilisé la soude comme agent de traitement mais l'effet "alcali" de l'ammoniac est comparable.
- amélioration liée à des modifications biochimiques. La rupture des liaisons lignine-polysaccharides permettent d'augmenter la surface d'attaque des bactéries et des enzymes hydrolytiques et la quantité de nutriments digestibles (WANG *et al.*, 1964 ; SPENCER et AKIN, 1980 ; BUETTNER *et al.*, 1982 ; KERLEY *et al.*, 1985).
- accroissement de la teneur en MAT et en MOD de la ration. Ces paramètres sont souvent pris en compte. Dans notre expérience, la complémentation des fourrages non traités avec du tourteau de coton avait pour but de comparer les fourrages non traités et traités apportant la même quantité d'azote. L'adjonction de tourteau a en outre enrichi les rations en MOD. Les quantités apportées à chacune des rations ont été différentes entre les deux essais et cela s'est traduit par des niveaux d'ingestion et de digestion différents. L'apport de 24 p.100 de tourteau de coton avec le fourrage *Pennisetum pedicellatum* a permis d'atteindre un niveau d'ingestion élevé de 80,9 g/KgP^{0,75} contre seulement 53,4 avec le produit traité. Par contre, la plus faible complémentation *Schoenefeldia gracilis* au niveau 13,4 p.100 du fourrage n'a permis qu'une progression plus faible. Avec les fourrages tropicaux pauvres en azote, ELLIOTT et TOPPS (1963) et MINSON et MILFORD (1968) ont montré qu'une teneur minimale de 7 p.100 de MAT était nécessaire pour couvrir les besoins en azote des micro-organismes du rumen

responsables de l'activité cellulolytique et favoriser ainsi la digestion. De même, sous une autre forme d'expression, dans le système des PDI (INRA, 1978), 135 g de MAT/kg de MOD sont préconisés. ZOUNGRANA (1994) a testé cette hypothèse avec des rations complémentées au niveau de 7 p.100 de MAT et a montré qu'elles permettaient effectivement d'augmenter les quantités totales de MS ingérées de fourrages tropicaux récoltés à maturité, accompagné d'un faible taux de substitution (0,34 à 0,46). Dans le cas de pailles complémentées avec des céréales aux niveaux respectifs de 27 et 21 p.100 de MS de la ration, KRAIEM *et al.* (1991 et 1992) ont obtenu des résultats semblables aux nôtres.

- influence des conditions expérimentales. Les valeurs d'ingestibilité obtenues avec les lots complémentés sont respectivement 80,9 et 54,1 g/kg P^{0,75} pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*. La différence importante d'ingestion entre les deux types de fourrages peut être liée en partie, au niveau de complémentation différent (24 p.100 pour *Pennisetum pedicellatum* vs 13,4 p.100 pour *Schoenefeldia gracilis*), aussi à un effet saison. Selon CHENOST (1972), la variation de la température ambiante pourrait, en modifiant la régulation thermique de l'animal, agir sur l'appétit. Dans nos expériences, l'essai 1 avec *Pennisetum pedicellatum* a été réalisé au mois d'avril-mai (périodes sèche et chaude) tandis que l'essai 2 avec *Schoenefeldia gracilis* a été réalisé au mois d'août, en pleine saison pluvieuse. L'hygrométrie avait pu ainsi jouer un rôle non négligeable sur la régulation thermique de l'animal, sur son bien-être, et sur son appétit.

Si l'on accepte l'hypothèse de travail généralement admise selon laquelle l'aliment concentré ajouté à la ration garde ses caractéristiques propres (CUDMO = 80 p.100), il est possible de calculer l'effet de la complémentation sur la valeur nutritive du fourrage associé (Tableau 19).

Avec le *Pennisetum pedicellatum* complémenté avec 24 p.100 de tourteau de coton, la part revenant au fourrage de la ration représente 61,5 g/kgP^{0,75} avec une digestibilité de 58,7 p.100. Le fourrage traité, distribué seul présente la même digestibilité (58,4 p.100) mais n'est ingéré qu'au niveau de 53,4 g/kgP^{0,75} (Tableau 19). Dans ce cas, la complémentation est plus efficace que le traitement. Or, *Pennisetum pedicellatum* non traité distribué seul ne peut assurer les besoins d'entretien des animaux. La complémentation ou le traitement chimique améliorent la valeur nutritive de ce mauvais fourrage.

Avec *Schoenefeldia gracilis* complémenté avec seulement 13,4 p.100 de tourteau de coton, la part revenant au fourrage dans la ration représente un niveau d'ingestion de 54,5 g/kgP^{0,75} et une digestibilité de 48,2 p.100. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées après traitement (67,2 g/kgP^{0,75} et 61,7 p.100). Cette faible complémentation a tout de même permis une amélioration des caractéristiques nutritives du produit non traité. Le traitement chimique est plus efficace que la complémentation.

Tableau 19 : Caractéristiques du fourrage dans les rations complémentées

	<i>Pennisetum pedicellatum</i> récolte tardive		<i>Schoenefeldia gracilis</i> récolte tardive	
	Traitée	complémentée (1)	Traitée	complémentée (2)
QI (g MS/kgP ^{0,75})	53,4	61,5	67,2	54,5
dMO (%)	58,4	58,7	61,7	48,2

(1) Le tourteau représente 24 p.100 de la MS de la ration globale soit 220 à 250 g en fonction des quantités ingérées par animal.

(2) Le tourteau représente 13,4 p.100 de la MS de la ration globale soit 62 à 124 g en fonction des quantités ingérées par animal.

La complémentation a souvent été appliquée à des fourrages pauvres non traités. Ainsi, avec l'utilisation de blocs "mélasse, urée, minéraux et vitamines" SANSOUCY *et al.* (1988) ont souligné une augmentation importante de la quantité de paille ingérée de 25 à 30 p.100. De même, NYARKO-BADOHU *et al.* (1994) ont obtenu une amélioration également importante de l'ingestion de 40 p.100 avec seulement 180g de mélasse urée. ABDOULI *et al.* (1988) enregistrent un gain de digestibilité de la paille non traitée de 7 points après complémentation avec un aliment à base de céréales et de tourteau. ANTONIOU et HADJIPANAYIOTOU (1985), avec un niveau de complémentation élevé (ratio 1:1) d'une paille ou d'une luzerne, observent une augmentation des quantités ingérées de 26 p.100, mais une réduction de la digestibilité de 5 points. Tous ces résultats s'expliquent par une stimulation des activités de la flore ruminale consécutivement à l'apport de nutriments énergétiques et azotés (JOUANY *et al.*, 1995).

Dans le cas des fourrages de mauvaise qualité, et particulièrement avec les fourrages tropicaux (HAGGAR et AHMED, 1970, ZIMMELINK *et al.*, 1972), les niveaux d'ingestion dépendent de la quantité d'aliment mis à la disposition des animaux et donc de leur aptitude à trier. Ainsi pour *Pennisetum pedicellatum*, récolté précocement et distribué au niveau de 120 p.100 des quantités ingérées, l'ingestion de 50,9 g/kgP^{0,75} assurent la couverture des besoins d'entretien des animaux. BUTTERWORTH et BUTTERWORTH (1965) avec *Digitaria decumbens* ou du foin de *Coastal bermuda*, MINSON (1971) avec six variétés de *Panicum* obtiennent des valeurs comparables à nos résultats.

Schoenefeldia gracilis, récolte précoce, n'est ingéré qu'au niveau de 28,1 g/kgP^{0,75} lorsque le taux de refus est limité à 20 p.100 des quantités distribuées (essai 2). Par contre les

animaux ingèrent 34,7 g/kgP^{0,75} lorsque le niveau de refus est porté à 40 p.100 (essai 3). Ces valeurs restent inférieures aux résultats cités ci-dessus avec (*Pennisetum pedicellatum*). Cette faible ingestibilité s'explique par la présence des inflorescences qui semblent être irritantes pour les animaux. En effet, l'examen des refus a montré qu'ils étaient constitués essentiellement de ces parties. Cette observation corrobore celles constatées sur le terrain par les agrostologues du programme Production Animale qui indiquent que cette espèce n'était consommée qu'à l'état très jeune ou à l'état de paille après dissémination des graines (communication personnelle de POISSONET). Le traitement de conservation à la dose de 2 p.100 d'urée améliore le niveau des quantités ingérées, respectivement 52,5 et 37,7 g/kgP^{0,75} pour les produits traités et non traités. Cette technique devrait autoriser des récoltes plus précoces en période humide, avant l'apparition des inflorescences. *Schoenefeldia gracilis* est la première espèce du point de vue de l'importance quantitative dans la zone sahélienne, il est essentiel d'assurer sa valorisation.

Les niveaux d'ingestibilité très différents enregistrés entre les rations testées limitent les possibilités de comparaison des résultats de digestibilité.

Les résultats de digestibilité de la MS ou de la MO obtenus avec les fourrages récoltés précocement sont conformes à ceux de GOTO et MINSON (1977) avec *Digitaria* spp., de CHENOST (1973) avec quatre fourrages tropicaux de bonne qualité : *Digitaria decumbens* stent, *Digitaria pentizii* 752, *Pennisetum purpureum* et *Panicum maximum* fauchées à des stades végétatifs compris entre 28 à 77 jours après la fauche précédente. Les dMO ont varié dans l'ensemble de 55,9 à 70,8 p.100. Ceci montre tout l'intérêt de réaliser des récoltes précoces de fourrage en évitant pour *Schoenefeldia gracilis* la présence des inflorescences, facteur d'inappétence.

Les fourrages récoltés tardivement à maturité complète présentent des teneurs en azote très faibles (2 p.100 de MAT) et en parois très élevées. Ils ne peuvent pas couvrir les besoins d'entretien des animaux pour Sg, en témoigne, la valeur négative de la dMAT (Tableau 18), la faible quantité de MOD ingérée, en dessous des besoins d'entretien (17,1 contre 23 g/kgP^{0,75} nécessaires).

Le traitement a également amélioré la digestibilité des fibres (dNDF, dADF). Ainsi, avec *Schoenefeldia gracilis*, la digestibilité des fibres est améliorée de 25,9 points pour la fraction NDF, soit pour dNDF, 63,6 et 73,7 p.100 respectivement pour *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis* traités. Ces résultats concordent avec ceux de NEFZAOUI (1994) sur la paille de sorgho traitée à l'ammoniac (3 p.100) ou à l'urée (4 p.100). BROWN *et al.*(1987), avec un foin tropical (*Hemarthria altissima*) traité ou non obtiennent des valeurs de dNDF de 64,9 p.100 pour le non traité et 71, 72 et 75 p.100 avec des traitements aux doses de 2, 3 et 4 p.100 d'ammoniac, augmentation de 10 points au maximum, valeur plus faible que celles obtenues dans cet étude.

La valeur négative de dMAT (-63,7 p.100) obtenue avec *Schoenefeldia gracilis* récolte tardive non traitée est en accord avec les résultats de ZOUNGRANA (1994), qui enregistre des valeurs négatives pour le stade paille de toutes les espèces tropicales étudiées. Ceci s'explique par le fait que la digestibilité des matières azotées dépend de leur teneur dans la fourrage. En effet, CHENOST (1975) avec un fourrage tropical (*Digitaria decumbens* stent) a mis en évidence une liaison fortement corrélée ($R=0,989$, $n=183$) entre la teneur en matières azotées digestibles (MAD) et la teneur en matières azotées totales :

$$\text{MAD} = 0,916 \text{ MAT} - 2,895 + 0,495$$

CONCLUSION

Les traitements à l'urée réalisés avec *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*, ont permis d'améliorer considérablement les quantités ingérées et la digestibilité des différents nutriments de ces deux fourrages. La couverture des besoins azotés est assurée. La valeur nutritive ainsi obtenue est comparable à celle des végétaux exploités à un stade plus précoce comme le début épiaison. Toutefois, l'ingestibilité mesurée avec *Schoenefeldia gracilis* récolté au stade de végétation épiaison reste faible et malgré l'utilisation digestive acceptable de ces nutriments, ce fourrage ne couvre pas les besoins des animaux. Il est donc impératif de procéder à la récolte avant ce stade malgré les difficultés liées à la saison pluvieuse. Le traitement de conservation appliqué a permis une amélioration appréciable de l'ingestibilité et une meilleure valorisation de ce fourrage. Pourtant une récolte plus précoce avant début épiaison paraît souhaitable, mais demande à être expérimentée.

La complémentation isoazotée avec le tourteau de coton, réalisée avec ces deux fourrages, a permis, également d'améliorer leur ingestibilité et leur digestibilité.

Ces résultats permettent d'envisager deux alternatives à la valorisation de ces fourrages :

- la récolte à l'état de paille après la saison pluvieuse, avec un traitement à forte dose (6 p. 100 d'urée)

- la récolte précoce au stade début épiaison pour *Pennisetum pedicellatum* et avant épiaison pour *Schoenefeldia gracilis*, lorsque l'intensité des pluies est plus faible. La conservation sans séchage, au moyen d'un traitement à faible dose d'urée semble possible (expérimentée avec succès une fois) et mérite d'être testée.

Ces propositions pourraient être généralisées à de nombreux fourrages tropicaux. Les réalisations récentes obtenues au Niger (SOURABIE *et al.*, 1995), dans d'autres pays africains dont la Tanzanie et Madagascar (CHENOST et KAYOULI, sous presse) confortent cette démarche.

La récolte et le traitement des fourrages nécessitent la construction d'un silo, l'achat d'urée et l'approvisionnement en accessoires comme film en polyéthylène ou matériaux locaux pour assurer la couverture d'étanchéité.

La récolte des fourrages à un stade précoce, vers la fin de la période pluvieuse, représente une innovation importante. Le produit encore humide (60 p.100 d'humidité) peut être directement traité à l'urée sans procéder à la phase de séchage, difficile et coûteuse. La constitution de stocks de valeur alimentaire correcte paraît donc possible. Malgré ces avantages, les conditions de mise en oeuvre sont délicates car elles modifient les habitudes des éleveurs. A cette époque de l'année, les travaux champêtres ne sont pas terminés et les disponibilités en main d'oeuvre pour assurer la réussite d'une nouvelle technique devront être mobilisées. La vulgarisation devra être conduite avec méthode et efficacité.

La complémentation reste une possibilité d'améliorer l'utilisation des fourrages âgés mais son utilisation est liée à la disponibilité en aliments riches. Depuis la dévaluation du franc CFA, les sous-produits (tourteaux, graines de coton) sont de plus en plus exportés vers les pays industrialisés, notamment l'Allemagne, et sont moins disponibles aux agriculteurs autochtones.

**Chapitre III : PERFORMANCES
ZOOTECNIQUES D'ANIMAUX ALIMENTES A
PARTIR DU *PENNISETUM PEDICELLATUM*
TRAITE OU NON**

**A : INFLUENCE DE LA QUALITE DU
FOURRAGE ET DE LA SOURCE D'APPORT DE
L'AZOTE SUR LA PRODUCTION LAITIERE DE
BREBIS**

A - : INFLUENCE DE LA QUALITE DU FOURRAGE ET DE LA SOURCE D'AZOTE, SUR LA PRODUCTION LAITIERE DE BREBIS

INTRODUCTION

Un essai a été mené sur la production laitière à la station de l'Université de Ouagadougou à Gampéla. Les animaux choisis sont des brebis Djallonké variété locale "Mossi", cette souche a suscité un regain d'intérêt ces dernières années. De multiples essais d'embouche ont été menés avec des mâles de cette race (BOURZAT *et al.*, 1987 ; NIANOGO *et al.*, 1994) qui semblent avoir une bonne aptitude bouchère.

D'une façon générale, les performances de production laitière des ovins et des caprins d'Afrique Tropicale sont mal connues, en particulier celle des ovins. Les données disponibles sont celles de CHARRAY *et al.* (1980) qui ont caractérisé l'ensemble des races de brebis tropicales comme de mauvaises productrices (production laitière faible variant entre 0,20 à 0,40 l par jour), à l'exception de la brebis touareg qui produit de 0,40 à 0,60 l par jour. Les performances de la brebis Djallonké sont faibles, comprises entre 0,20 et 0,25 l par jour.

Sur la station, les brebis sont mises en lutte libre à l'entrée de la saison pluvieuse et les agnelages interviennent vers Octobre-Novembre, en début de saison sèche. Après la mise-bas, compte tenu de la faible valeur nutritive du pâturage naturel à cette période de l'année, les brebis reçoivent au retour du pâturage (7 h/jour) une complémentation à base de fanes de légumineuse et de drêches de brasserie.

Il a été impossible de constituer un lot homogène et assez important avec des animaux de même rang de mise-bas par achat pour réaliser notre expérimentation, en effet, les éleveurs apportent sur les marchés :

- des béliers, après sélection des géniteurs. Ils sont destinés à l'engraissement et à la production de viande,
- des brebis âgées qui ne sont plus fertiles. Vendre un animal pouvant se reproduire ne se pratique pas, car pour l'éleveur, c'est une perte de capital. Les antenaises ou les brebis jeunes, si elles sont présentées à la vente, sont offertes à un prix exorbitant.

Le lot expérimental a été constitué à partir des brebis disponibles au sein du troupeau de Gampéla. Ceci explique la présence dans nos essais de brebis de rang de mise-bas différents.

1. - OBJECTIF DE L'ETUDE

Cet essai a pour objectif de mesurer l'influence du traitement à l'urée de *Pennisetum pedicellatum* sur les performances de production laitière de brebis Djallonké variété locale "Mossi" en comparaison avec le même fourrage non traité ou complémenté en azote en quantité équivalente à celle apportée par le traitement à l'urée. Afin de mettre en évidence la différence de valeur nutritive des fourrages grossiers utilisés dans les rations, le niveau de complémentation a été limité.

Cette étude permet également, d'obtenir des informations supplémentaires sur la production laitière de cette souche. En effet seule deux études récentes (YONI, 1989 ; ILBOUDO, 1991) ont été répertoriées sur les brebis Djallonké variété locale "Mossi" et deux autres sur les brebis Djallonké (ADU *et al.*, 1974 ; AMEGEE, 1984), mais ces auteurs ont quantifié la production laitière des brebis par la méthode de la double pesée qui, selon certains auteurs serait peu fiable.

En effet deux méthodes sont couramment utilisées pour évaluer la production laitière des brebis :

- la méthode de la double pesée, utilisée généralement chez les animaux n'ayant pas une vocation de production de lait, (OWEN, 1957 ; COOMBE *et al.*, 1960 ; RICORDEAU *et al.*, 1960 ; AMEGEE, 1984 ; OUEDRAOGO, 1990 et 1992 ; ILBOUDO, 1991), mais la difficulté de son utilisation réside dans le fait que le nouveau-né ne doit ni uriner ni déféquer entre la première et la deuxième pesée,

- la méthode de la traite après injection d'ocytocine. PAPACHRISTOFOROU (1990), BENYOUCEF et AYACHI (1991) l'ont testée avec satisfaction respectivement, sur des brebis Chios et Hamra

COOMBE *et al.* (1960), en comparant ces deux techniques, ont montré que la traite après injection d'ocytocine, donnait des résultats significativement plus élevés que la méthode de la double pesée. Ces constatations sont confirmées par OUEDRAOGO (1992) avec la chèvre du Sahel Burkinabê ; selon cet auteur, la méthode de l'ocytocine permet d'obtenir environ 31 p.100 de plus de lait que celles obtenues par la double pesée. C'est cette méthode que nous avons adopté.

2. - MATERIELS ET METHODES

2.1. - Animaux

2.1.1. - Choix des brebis

Un échantillon de 40 brebis supposées gestantes a été sélectionné parmi les animaux de la station expérimentale de Gampéla. D'après leur carrière antérieure pour les multipares (date de dernière mise-bas) ou leur âge pour les primipares, selon DUMAS et RAYMOND (1975), l'âge au premier agnelage se situe aux alentours de 11 mois et l'intervalle entre mise-bas est de 7 mois (RIVIERE, 1991). Dans cet échantillon initial, 34 brebis gestantes (état déterminé par palpation) et présentant de bonnes mamelles ont été retenues. Le rang de mise-bas est compris entre 1 et 5.

2.1.2. - Soins

Dans cette station, les animaux sont régulièrement vaccinés contre les différentes maladies contagieuses du bétail.

Pendant la période d'adaptation (2 semaines) à une ration, les brebis ont été traitées contre les parasites internes (Panacur) et ont reçu une injection d'un complexe vitaminique AD₃E (2 à 2,5 ml par brebis). Elles ont fait également l'objet d'une antibiothérapie générale (2 ml de Biamycine longue action) pour prévenir les affections respiratoires fréquentes pendant les mois de Novembre et Décembre. La période d'adaptation a débuté après la mise-bas.

2.2. - Rations

Trois lots de brebis ont été constitués. Les rations sont réalisées à partir d'un fourrage grossier complété avec un concentré. Un complément minéral (pierre à lécher 12P riche en Zinc cf. Tableau 13 Chapitre 2) est fourni aux animaux, les fourrages grossiers étant très carencés en zinc.

Le fourrage grossier est constitué de *Pennisetum pedicellatum* récolté au stade fin de dissémination des graines aux mois de Novembre-Décembre. Il est distribué en l'état aux lots 1 et 2 ou après traitement à l'urée pendant 30 jours au taux de 6 p.100 et 40 p.100 d'humidité pour le lot 3.

L'aliment concentré composé de semoule de maïs, graine de coton, tourteau de coton aux taux respectifs de 50, 25 et 25 p.100 (Tableau 20), est apporté à raison de 20 p.100 des quantités ingérées de tous les animaux. Ceux du lot 2 reçoivent de l'urée, incorporée au

concentré, et en quantité telle que les apports azotés des lots 2 et 3 en matières azotées sont équilibrés. En résumé, les trois rations testées sont :

- Lot 1 : *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée + 20 p.100 de concentré.
- Lot 2 : *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée + urée + 20 p.100 de concentré.
- Lot 3 : *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée + 20 p.100 de concentré.

L'apport d'urée est calculé à partir de la composition chimique des fourrages indiquée dans le Tableau 20. Le fourrage *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée apporte environ 37 g de MAT par kg de MS, et après traitement à l'urée 139 g. Donc, 35 g d'urée sont à apporter pour une consommation d'un kg de MS de paille de *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive non traitée pour équilibrer en azote les lots 2 et 3. La quantité d'urée à distribuer par ailleurs ajustée selon la consommation de chaque animal mais ne dépasse pas, dans tous les cas, 3,5 p.100 de la ration totale en matière sèche.

Les quantités de MS offertes aux brebis en lactation sont comprises entre 4,4 et 6 p.100 du poids vif selon les recommandations de RIVIERE (1991).

Le taux de complémentation réel est recalculé *a posteriori* en fonction des quantités réellement ingérées. Il s'est élevé à 22, 20 et 22 p.100 respectivement pour chacun des lots 1, 2 et 3 (Tableau 21). La composition et la concentration énergétique des rations testées figurent dans les Tableaux 20 et 21 :

Tableau 20 : Composition chimique du concentré et des fourrages grossiers testés

CONCENTRE par kg MS					
	g de MS	g de MAT	UFL	g de Ca	g de P
Semoule de maïs	500	55	0,6	0,5	1,8
Graine de coton	250	60	0,26	0,4	1,2
Tourteau de coton	250	115	0,2	0,2	3,2
TOTAL	1000	230	1,06	1,1	6,2
FOURRAGES GROSSIERS (%)					
	MO	MAT	NDF	ADF	ADL
Pp. récolte tardive non traitée	91	3,7	81	50	6,5
Pp. récolte tardive traitée	92	13,9	77	56	8,9

Tableau 21 : Composition et concentration azotée et énergétique des rations testées

	Lot 1 Pp. récolte tardive non traitée	Lot 2 Pp. récolte tardive non traitée+UREE	Lot 3 Pp. récolte tardive traitée
Proportion Concentré (%)	22	20	22
Proportion Fourrage (%)	78	80	78
MAT de la ration en %	8	16	15,9
UFL de la ration par kg de MS	0,69	0,68	0,75

UFL par kg MS Pp. récolte tardive non traitée = 0,58

UFL par kg MS Pp. récolte tardive traitée = 0,66

2.3. - Logement

Les brebis sont logées en cages individuelles sous un grand hangar bien ventilé à sol nu recouvert de gravillons. Chaque cage comporte deux compartiments séparés par un portillon dans le but d'isoler l'agneau de la mère. Ce dispositif permet le contrôle individuel des quantités ingérées de la mère et de l'agneau.

3. - METHODES

3.1. - Allotement

Les brebis ont été allotées en fonction du rang de mise-bas de façon à obtenir le même nombre de brebis à niveau de lactation identique dans chaque lot. Les brebis d'un même rang de mise-bas sont distribuées de manière aléatoire dans les lots expérimentaux. Une marge de sécurité de 7 animaux a été prise pour compenser les mortalités et comprenait trois primipares et une brebis de chacun des rangs de mise-bas de 2 à 5. Nous avons été amenés à introduire des primipares dans les lots en raison de l'insuffisance du nombre de multipares.

L'allotement prévisionnel comportait 9 brebis par lot, soit 2 primipares, 3 de 2ème lactation, 2 de 3ème lactation, 1 de 4ème lactation et 1 de 5ème lactation.

Les mises-bas ont été échelonnées du 26-10-94 au 8-12-94. Les brebis ayant mis bas la même semaine, ont été affectées d'un même numéro (Pn) afin de faciliter la gestion et l'enregistrement des données.

3.2. - Collecte des données

3.2.1. - Contrôle laitier quantitatif

Nous avons adopté la technique de la traite après injection d'ocytocine. Cette technique propose une injection d'ocytocine de synthèse pour garantir la récupération totale du lait résiduel. Son principe est basé sur la sensibilité des cellules contractiles de la glande mammaire à l'action de l'ocytocine, hormone sécrétée naturellement par la glande post-hypophyse lors des stimulations du trayon à la traite.

Le contrôle a débuté 2 semaines après la mise-bas et est effectué 2 fois par semaine pour chaque brebis en observant le protocole ci-dessous pour chaque traite :

* Première phase

- La première traite est effectuée immédiatement après une injection intraveineuse de 1 ml d'ocytocine.

- La deuxième traite est précédée d'une administration de 0,5 ml d'ocytocine, 5 mn après la fin de la première traite.

* Deuxième phase

- La troisième traite intervient 2h après la deuxième traite et est précédée d'une injection de 1 ml d'ocytocine.

- La quatrième traite est effectuée 5 mn après la 3ème et est également précédée d'une injection de 0,5 ml d'ocytocine.

La quantité de lait x obtenue aux deux dernières traites constitue la production laitière durant 2 heures ; la production journalière est obtenue en multipliant cette quantité par 12.

$$\text{Production journalière } X = x * 12$$

Les agneaux étaient isolés de leur mère dès le début de la traite à l'aide du dispositif mis en place (portillon) et durant toute la traite. Après les deux premières traites, les brebis

recevaient leur part de concentré et de l'eau à volonté en attendant le début de la seconde phase, ceci pour maximiser le conditionnement du réflexe de l'éjection du lait. En effet, selon LABUSSIÈRE (1993), des facteurs, comme l'entrée dans la salle de traite ou la distribution du concentré, pouvaient servir de stimuli au réflexe d'éjection du lait. Dans notre essai, l'injection de l'ocytocine permet de garantir son action.

* Technique de traite

La technique de traite employée est celle utilisée traditionnellement par les éleveurs "Peul" qui consiste à masser vigoureusement la mamelle avant et pendant la traite et à traire manuellement jusqu'à vidange de la mamelle. Elle a été effectuée par 2 trayeurs "Peul" expérimentés, durant toute la période de l'essai. Le respect du rituel de la traite a été observé durant toute la période expérimentale pour minimiser les effets perturbateurs sur la production laitière, compte tenu du potentiel et de la rusticité de la race impliquée.

3.2.2. - Contrôle laitier qualitatif

Le lait obtenu lors de chaque traite (1ère et 2ème phases) est filtré et le volume total est enregistré. Le lait est ensuite conditionné pour chaque brebis et à chaque traite dans des tubes hermétiques après addition de 1 ml de formol à 10 p.100 puis conservé à 4°C. A la fin de la semaine, les 2 échantillons, provenant des deux journées de contrôle, sont mélangés et homogénéisés, avant de prélever un échantillon de 100 ml pour les analyses de la composition chimique du lait.

Une fois par mois, un échantillon de 100 ml de lait représentatif de chaque brebis, est pesé pour en évaluer la densité.

3.2.3. - Contrôle des quantités ingérées

Le contrôle des quantités ingérées a été effectué individuellement pour chaque brebis par des pesées quotidiennes des quantités distribuées de foin, de concentré et des refus. Un peson HOMS, de 1 kg de portée maximale et de 0,01 kg de précision, a été utilisé pour ces différentes mesures. Les refus comportaient les restes collectés dans les mangeoires et les pertes disséminées dans la loge (gaspillage) ; son niveau ne devait pas excéder 30 p.100. Cette collecte a débuté après deux semaines d'adaptation au nouveau régime, soit deux semaines après la mise bas.

Pendant toute la période de la collecte, le foin distribué quotidiennement a été fractionné en 3 repas ; ceci permet de mettre les agneaux en contact avec leur mère entre deux

services, sans que ceux-ci ne consomment le foin de la mère. L'agneau passe cependant la nuit avec sa mère.

3.2.4. - Contrôle de l'évolution pondérale et notation de l'état corporel

Les animaux ont été pesés une fois par semaine à l'aide d'un peson de 25 kg de portée maximale et 0,2 kg de précision. L'état corporel des brebis a été évalué en début (1er mois), au milieu (2ème mois) et en fin de lactation (3ème mois) selon le protocole défini par RUSSEL *et al.* (1969).

3.3. - Analyses chimiques

Les méthodes utilisées pour analyser la composition chimique du lait sont celles décrites par l'AOAC (1984), il s'agit des dosages des :

- protéines du lait ; nous avons retenu la méthode Kjeldahl parce qu'elle est applicable à la détermination de l'azote du lait contenant des conservateurs non azotés,

- matière grasse par le test Babcock. Son principe consiste à introduire dans une fiole Babcock un volume connu de lait (17,6 ml = 18 g de lait) prélevé avec précision à l'aide d'une pipette Babcock, puis à provoquer une élévation de température par addition d'acide sulfurique (100 à 105°C) permettant ainsi la libération de la matière grasse et leur quantification. Le résultat est exprimé en p.100 du poids ou du volume et est lu directement sur la fiole Babcock à l'aide d'un compas spécial Babcock. Le tube de centrifugation Babcock comporte des graduations qui permettent d'estimer le pourcentage de matière grasse avec une précision 0,25 p.100,

- extrait sec, déterminé par dessiccation du lait à 103 ± 2 °C pendant 48 h,

- matières minérales, par incinération de l'extrait sec dans un four à 550°C pendant 6h.

4. - ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique de la composition chimique du lait, de la quantité totale de lait produite en matière sèche, en matières minérales, en matières grasses et matières protéiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (1982) en utilisant la procédure GLM (General Linear Models). Le test de Scheffe a été retenu pour la séparation des moyennes.

5. - RESULTATS

Le Tableau 22 donne le nombre de brebis réellement introduites dans les lots (1) et celles qui ont effectivement subi la totalité de l'expérience (2). Dans le lot 1, parmi les absentes en fin d'essai, il faut noter 3 brebis exclues pour chute importante du niveau de production, lié au protocole initial qui prévoyait dans ce lot une alimentation à base uniquement de fourrage non traité. Dans les premières semaines, ces brebis ne donnaient pratiquement plus de lait ; ceci nous a amené à compléter ce lot au même niveau que les 2 autres (20 p.100).

Tableau 22 : Effectifs en début (1) et fin d'expérimentation (2)

	RANG DE MISE BAS	Lot 1 Pp. récolte tardive non traitée	Lot 2 Pp. récolte tardive non traitée + Urée	Lot 3 Pp. récolte tardive traitée
Brebis en début d'expérience (1).	1	3	3	4
	2	4	3	3
	3	2	3	2
	4	1	1	1
	5	1	2	1
	TOTAL	11	12	11
Brebis en fin d'expérience (2).	1	0	2	2
	2	2	2	3
	3	2	2	2
	4	1	1	1
	5	1	1	1
	TOTAL	6	8	9

Les mortalités observées dans le lot 2 (3 brebis qui étaient en 2ème, 3ème ou 5ème lactation) sont liées à des accidents causés par une consommation rapide de quantités importantes d'azote (urée). Ces mortalités sont intervenues pendant la période d'adaptation et quelques heures après la consommation du concentré qui contenait l'urée. A l'autopsie, effectuée 12h après la mort, aucune lésion n'a été observée à part le gonflement du rumen par du gaz. Selon les ouvriers présents, les mortalités ont été précédées de convulsions, d'insalivation, d'hyperexcitabilité et la mort a été foudroyante. L'examen des restes de concentré a montré que ces animaux avaient effectivement consommé une bonne partie de leur concentré qui contenait de l'urée ; ceci nous a amené à conclure à une intoxication par excès d'urée. Cette intoxication ammoniacale a bien été montrée par STILES *et al.* (1970).

Les autres retraits (lot 1 et lot 2) de l'expérience ont été liés à des mortalités d'agneaux de primipares, causées par une production laitière insuffisante.

5.1. - Quantités de lait produites

Les pesées des échantillons de lait ont permis d'évaluer le poids moyen d'un litre de lait : en moyenne $1,03 \pm 0,24$ kg. Les volumes mesurés lors des traites ont été convertis en kg à partir de ces valeurs hebdomadaires.

Les productions moyennes calculées entre la 2ème et la 15ème semaine de contrôle sont rassemblées dans le Tableau 23. La figure 10 présente l'évolution hebdomadaire des productions pendant la même période. L'analyse de la figure 10a montre un maximum de production dès la première mesure, à la 2ème semaine pour les 3 lots. Les 3 courbes ont une allure similaire décroissante, avec une supériorité du lot 3 alimenté avec *Pennisetum pedicellatum* traité. L'écart devient important après la 9ème semaine de lactation.

Cependant, l'analyse statistique de ces résultats par semaine ne montre un effet lot qu'aux 11ème et 12ème semaines indiquant la supériorité du lot 3. La moyenne générale de l'expérience qui est statistiquement supérieure aux deux autres lots (Tableau 23).

L'évolution de la production de matières minérales (Figure 10b) montre toujours une supériorité du lot 3. L'analyse statistique par semaine ne montre de différence qu'à la 12ème semaine. Sur l'ensemble de la période, les lots 1 et 3 sont statistiquement identiques et supérieurs au lot 2 (Tableau 23).

Par contre, celle des matières grasses produites (Figure 10c) ne montre pas de différence entre lots. Cette évolution est confirmée par l'analyse de variance (Tableau 23) qui ne montre aucune différence de teneur entre lots.

La production journalière moyenne de matières protéiques (Figure 10d) montre la supériorité du lot 3 aux 4ème, 11ème, 12ème et 13ème semaines ainsi que sur la production totale de l'expérience par rapport aux deux autres lots.

Cet ensemble de résultats montre l'effet positif du traitement à l'urée par rapport au non traitement, mais également par rapport à la complémentation isoazotée.

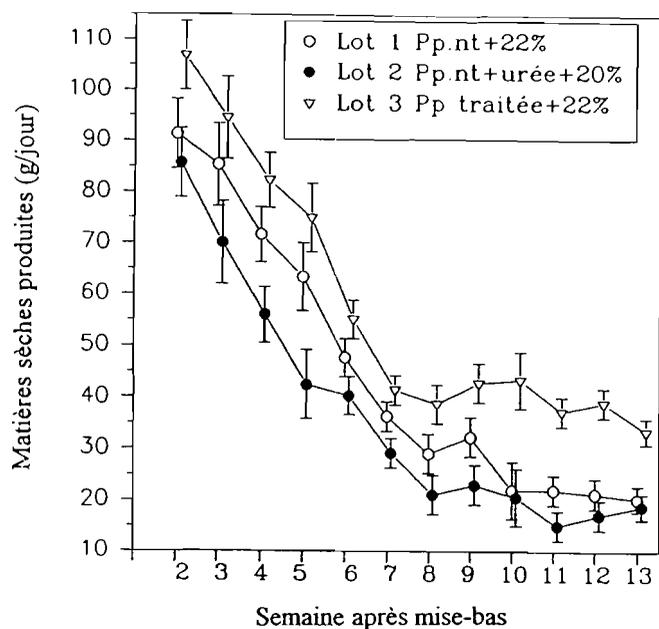
Tableau 23 : Effets du traitement à l'urée et de la complémentation sur les caractéristiques de la production laitière, le poids des animaux et leur consommation

	Lot 1 Pp. récolte tardive non traitée+22 % concentré	Lot 2 Pp. récolte tardive non traitée+urée+ 20 % concentré	Lot 3 Pp. récolte tardive traitée+22 % concentré	Analyse de variance : Pr>F
Production totale expérience (kg)	22	17	27	-
Production brute moyenne expérience (g/jour)	257(23)ab	197(17) ^b	316(18) ^a	0,0001
Production extrait sec (g/jour)	44(3,3) ^b	35,3(3,3) ^b	56,7(3,3) ^a	0,0001
Production matières minérales (g/jour)	2,8(0,2)ab	2,3(0,2) ^b	3,1(0,2) ^a	0,01
Production matières grasses (g/jour)	17,2	13,8	21,5	ns
Production matières protéiques (g/jour)	9,5(0,7) ^b	7,5(0,7) ^b	12,9(0,7) ^a	0,0001
Variation de poids (kg)	-3,3	-1,3	+0,2	-
Note d'état corporel moyen	1,9	1,9	2,0	-
Consommation Foin (g)	696	677	689	ns
Consommation conc. (g)	196	173	198	ns
Consommation totale (g/kgP ^{0,75})	93	88	96	ns
MODi (g/kgP ^{0,75})	59,1	55,9	60,2	-

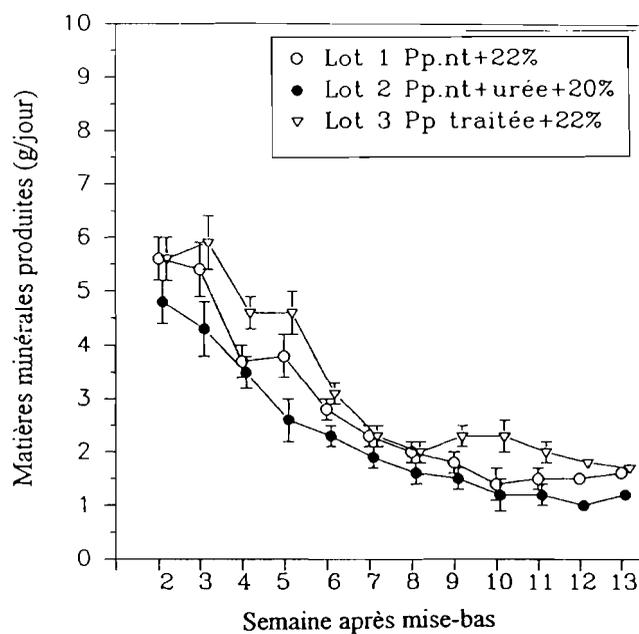
- ns = non significatif.

- Les valeurs entre parenthèses indiquent les erreurs standards, mentionnées dans le cas où l'effet lot est significatif.

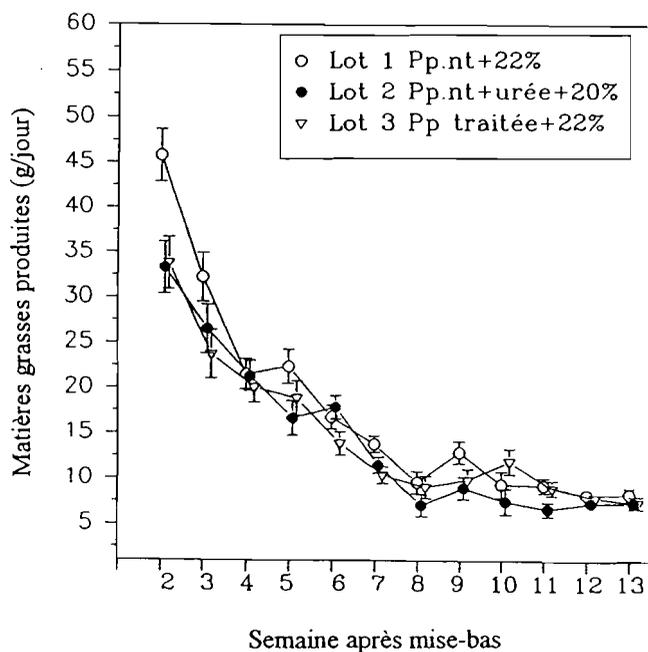
- Les productions d'extrait sec, de matières minérales, de matières grasses et de matières protéiques présentées représentent les moyennes de l'ensemble de la période expérimentale



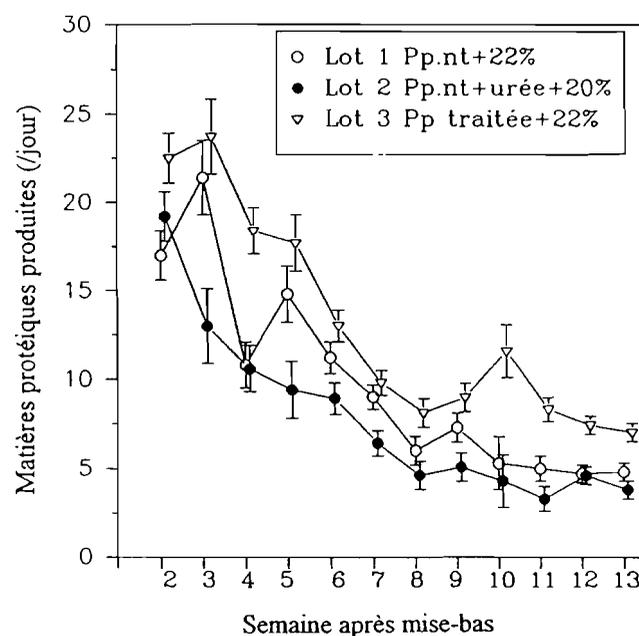
a - Production de matière sèche



b - Production de matières minérales



c - Production de matières grasses



d - Production de matières protéiques

Figure 10 : Evolution des quantités d'éléments nutritifs du lait en fonction du type de ration

5.2. - Evolution de la composition chimique du lait

Les variations de la composition chimique (Tableau 24) montrent que les teneurs en extrait sec et en matières protéiques sont significativement affectées par les rations testées. Ces teneurs sont statistiquement identiques dans les lots 1 et 2, et dans les lots 2 et 3. La teneur en extrait sec a, sur les trois lots, augmenté avec la durée de la lactation : de 15,7 à 20,9 p.100. Les teneurs protéiques varient de 3,3 à 4,5 p.100 selon la période de lactation.

Par contre, les teneurs en matières minérales et en matières grasses (Tableau 24) ne montrent aucun effet des rations testées. La teneur en matière grasse a varié de 5,6 à 8,4 p.100 tandis que celle des matières minérales est restée constante (0,9 % en moyenne) au cours de la lactation dans les trois lots.

Tableau 24 : Composition chimique moyenne (en %) du lait en fonction du régime

	Lot 1 Pp. récolte tardive non traitée	Lot 2 Pp. récolte tardive non traitée+urée	Lot 3 Pp. récolte tardive traitée	Analyse de variance : Pr>F
Extrait sec	17,1(0,3) ^b	17,9(0,3) ^{ab}	18,2(0,3) ^a	0,03
Matières minérales	0,9	0,9	0,9	ns
Matières grasses	6,7	6,9	6,8	ns
Matières protéiques	3,8(0,1) ^b	4,0(0,1) ^{ab}	4,1(0,1) ^a	0,05*

- Les valeurs entre parenthèses correspondent aux erreurs standards indiquées dans le cas où l'effet est significatif.

- ns = non significatif.

-* la séparation des moyennes dans ce cas a été faite grâce au test de Duncan, le test de Scheffe n'ayant pas permis cette séparation malgré l'existence d'un effet lot signalé par l'analyse de variance.

5.3. - Evolution des quantités ingérées

L'évolution des quantités ingérées, présentée à la Figure 11. Les écarts-types indiquent une variabilité individuelle très importante. L'allure est à peu près identique pour les 3 lots. Elle débute à un niveau moyen jusqu'à la 4ème semaine puis augmente pour atteindre un maximum à la 6ème semaine (respectivement pour les trois lots 94, 94, 104 g/kgP^{0,75}) avant de décroître lentement jusqu'à la 11ème semaine puis reste à un niveau constant supérieur aux valeurs

initiales de la 2ème semaine. L'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les trois lots.

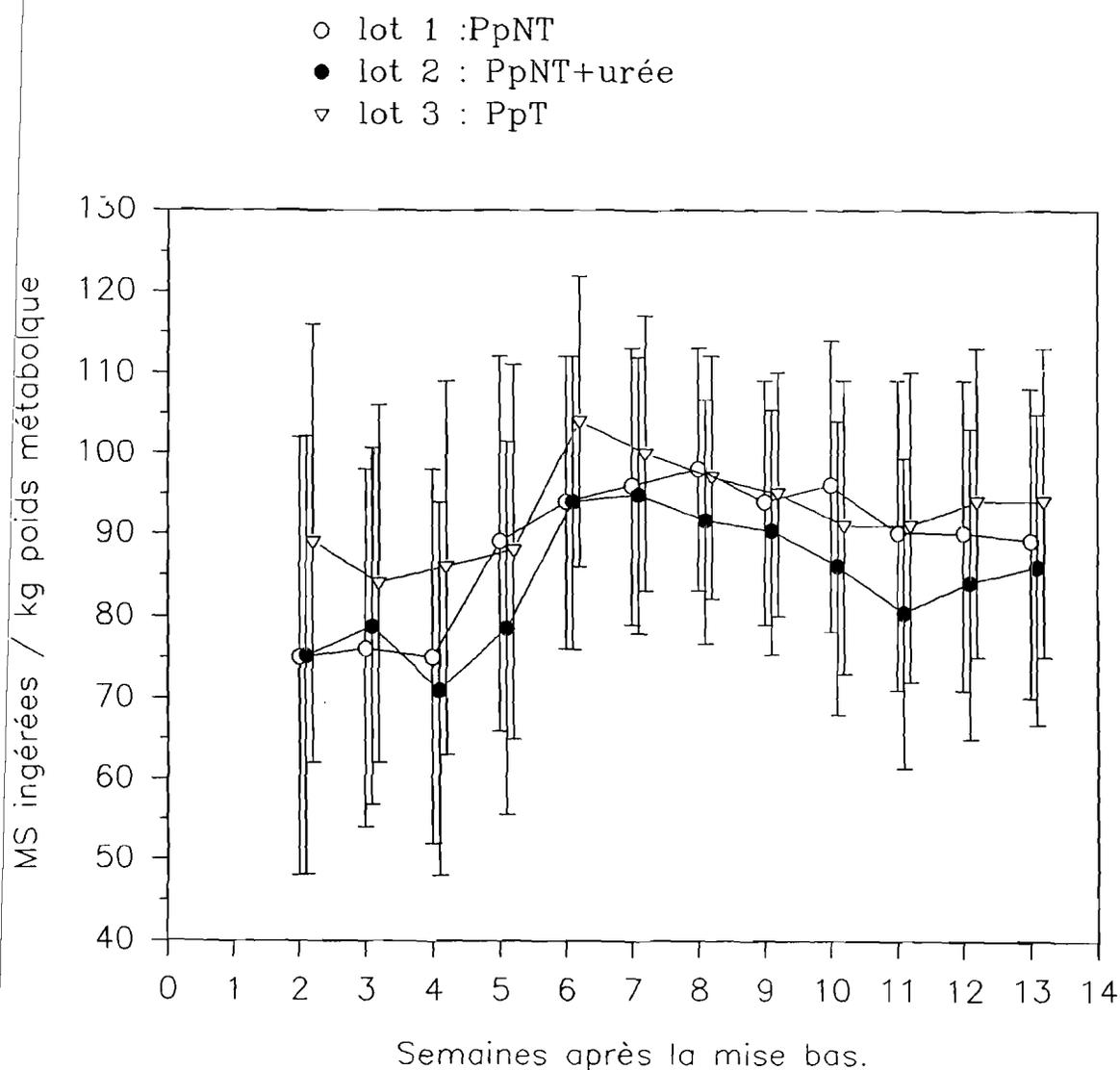


Figure 11 : Evolution de la consommation moyenne journalière des brebis en fonction de la ration

5.4. - Evolution pondérale des brebis

L'évolution pondérale des brebis après la mise-bas est présentée à la Figure 12. La variabilité individuelle est élevée, mais le poids moyen évolue d'une manière très comparable

pour les lots 1 et 2. Elles perdent continuellement du poids au cours de la lactation, respectivement moins 3,3 et 1,3 kg sur la durée de l'expérience. Par contre, pour le lot 3, on observe une légère perte de poids pendant les premières semaines de lactation puis une légère augmentation en fin de période de lactation. Cependant, l'analyse de variance du poids moyen des lots par semaine ne montre aucune différence significative entre lots.

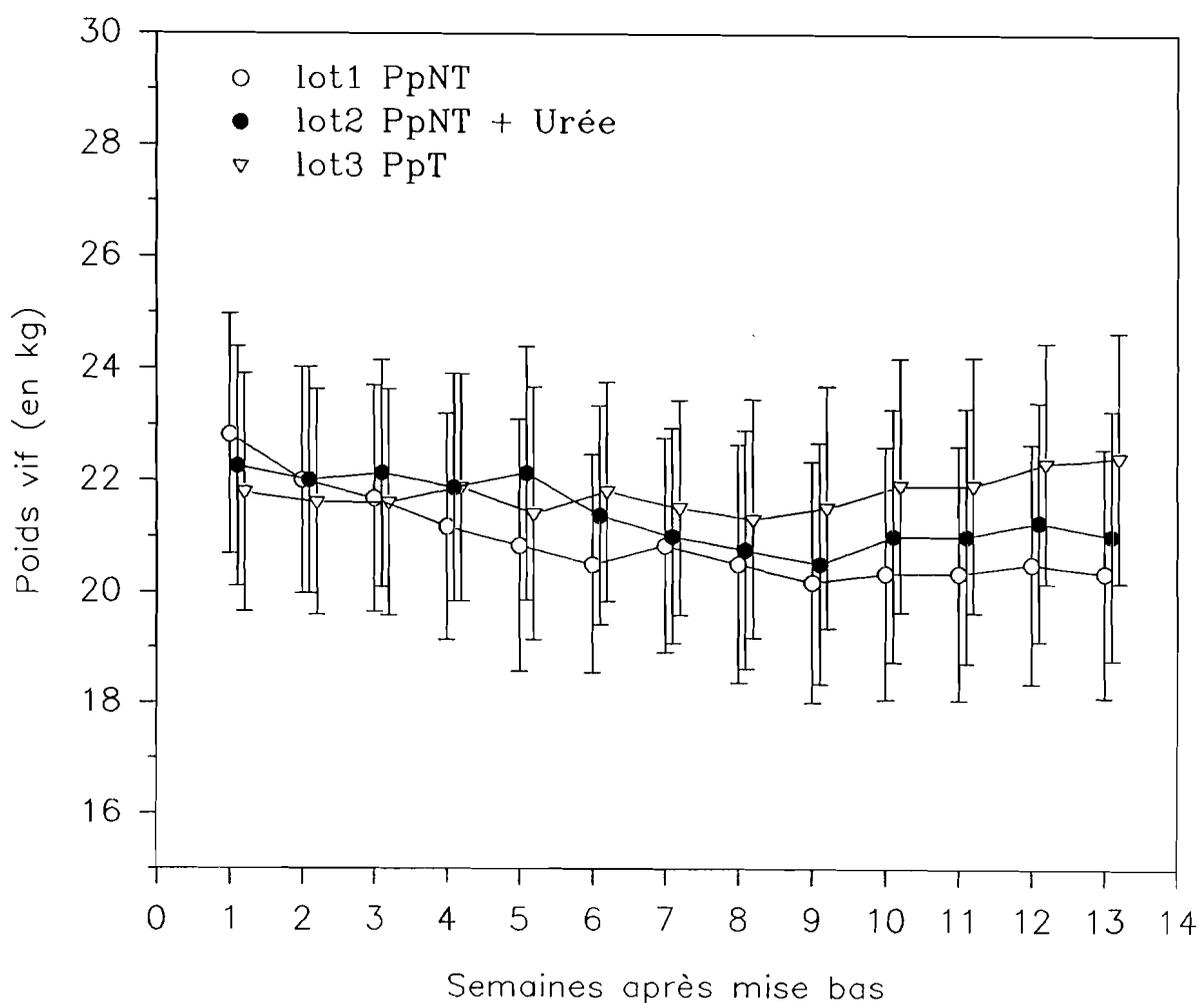


Figure 12 : Evolution pondérale des brebis en lactation en fonction de la ration

6. - DISCUSSION

Généralement, le niveau de sécrétion de lait atteint sa valeur maximale 3 à 4 semaines après la parturition chez la brebis, et 5 à 6 semaines chez la vache. Ce délai est nécessaire à la mise en place d'un nouvel équilibre hormonal (KETELAARS et TOLKAMP, 1992), à la stimulation des *ascimus*, à l'augmentation de l'appétit des animaux. En effet, les quantités ingérées sont minimales à la fin de la gestation en raison principalement du développement dans la cavité générale du fœtus, de ses annexes (CAMPLING, 1966) et des réserves de tissus adipeux diminuant l'espace pour le rumen. L'augmentation de l'appétit nécessite un délai plus important que la mise en place de la production laitière maximale.

Dans notre étude, les mesures, qui ont débuté deux semaines après la parturition, n'ont pas permis de mettre en évidence un pic de production laitière. Nous n'avons enregistré qu'une phase descendante continue avec l'ensemble des lots. Par contre, OUEDRAOGO (1992) avec des chèvres et AMEGEE (1984) avec des brebis "vogan" montrent un maximum de production aux 2ème et 3ème semaines de lactation. Les quantités d'aliment offertes aux brebis n'a donc pas été suffisant. L'objectif de cette étude était de mesurer l'influence du traitement des fourrages grossiers sur la production laitière. Pour cela, la complémentation avait été volontairement limitée à 20 p.100 des quantités ingérées totales pour ne pas masquer l'effet du traitement (DULPHY *et al.*, 1983). Avec les rations à base de fourrages grossiers, l'état de réplétion du rumen serait le principal facteur régulant l'ingestion (BALCH et CAMPLING, 1962). Les quantités de matière sèche volontairement ingérées n'ont pas été significativement différentes entre les trois lots. Ce résultat est conforme aux niveaux de digestibilité très voisin des rations expérimentées : 63,5 p.100 pour les lots 1 et 2 (cf. chap. II § 4.2), et 62,7 p.100 pour le lot 3 (valeur calculée sans tenir compte de l'effet de la complémentation des mauvais fourrages). L'amélioration de la digestibilité permettrait d'augmenter les quantités ingérées de matière organique digestible pour un même niveau de quantités ingérées de matière sèche. En effet, CONRAD *et al.* (1964) ont montré que lorsque la digestibilité des rations augmente de 52 à 80 p.100, les quantités ingérées de MS augmentent avec les digestibilités croissantes jusqu'à un optimum voisin de 66 p.100. Pour augmenter les productions laitières, les rations pourraient être complétementées avec des concentrés, mais dans la limite de 50 à 60 p.100 de la ration (WARD et KELLEY, 1969 ; JOURNET et REMOND, 1976). Ceci est bien montré par AMEGEE (1984) avec des brebis "vogan", ILBOUDO (1991) avec des brebis "Mossi" qui, avec des rations à base de fourrages grossiers comportant 54 à 64 p.100 d'aliment concentré, produisent respectivement 56 et 86 kg de lait pour une lactation d'une durée de 104 jours. Les productions totales pour chacun des lots 1, 2 et 3 que nous avons enregistrées s'élèvent à 23, 17 et 27 kg de lait produit en 84 jours de contrôle. Le niveau de complémentation était de 20 p.100 seulement.

Bien que les quantités de MS ingérées soient égales entre les trois lots, le lot 3 est celui qui présente des quantités significativement plus élevées pour la production totale de lait, la production moyenne quotidienne en extrait sec, matières protéiques et minérales.

Les pertes de poids observées pour les lots 1 et 2 sur l'ensemble de la période, respectivement de 11 et 6 p.100 du poids vif initial ne sont pas significatives en raison d'une variabilité individuelle importante. Néanmoins, ces pertes montrent que le bilan énergétique est resté négatif pendant toute la durée de la lactation. Une partie de la production laitière a été permise grâce à la mobilisation des tissus, ce qui est mis en évidence par la diminution de 0,1 points de la note d'état corporel. La perte de poids est fréquente dans le cas de la production laitière. Par exemple, SEBASTIEN *et al.*(1989) avec des brebis, BADAMANA (1992) avec des chèvres laitières, WHITELOW *et al.* (1986) avec des vaches dans le cas d'un apport Protéines/Energie faible aboutissent à des résultats comparables.

Les pertes de poids en début de lactation avec le lot 3 sont compensées par un gain en fin de période expérimentale. Ce phénomène métabolique est décrit par CHILLIARD (1986). Ce résultat, satisfaisant par rapport à ceux obtenus avec les lots 1 et 2, souligne l'efficacité du traitement alcalin sur l'amélioration de la valeur nutritive des fourrages pauvres. Ceci est conforme aux résultats obtenus avec des pailles traitées à l'ammoniac (GREENHAALGH *et al.*, 1976 ; ANDERSEN *et al.*, 1989) ou à l'urée (CARON, 1989 ; CHENOST *et al.*, 1993).

CONCLUSION

Cet essai d'alimentation de brebis en lactation, à partir de *Pennisetum pedicellatum* non traité, enrichi ou traité à l'urée, dans trois rations comportant 20 p.100 de concentré, montre la supériorité du fourrage traité. Le niveau de production, les quantités d'extrait sec et de matières minérales produites ainsi que l'état corporel des animaux sont significativement améliorés par rapport aux lots recevant les rations à base de fourrage non traité.

L'apport complémentaire d'urée à la ration de fourrage non traité enrichi avec 20 p.100 de concentré n'a pas été valorisé par les brebis.

La complémentation des fourrages traités avec seulement 20 p.100 de concentré ne permet pas d'évaluer le potentiel de production laitière de la brebis "Mossi". Un niveau plus important d'aliment concentré dans la ration, surtout en début de lactation, devrait permettre un meilleur départ de la lactation et la mise en évidence du pic de production.

Pennisetum pedicellatum est une graminée tropicale abondante et productive, sa valorisation par le traitement à l'urée contribue au développement de l'élevage au Burkina Faso. Il a été retenu dans cet essai comme un modèle de fourrage tropical, les résultats obtenus devraient pouvoir être généralisés à d'autres graminées fourragères tropicales.

**B : INFLUENCE DE LA QUALITE ET DU
TAUX DE FOURRAGE SUR LES
PERFORMANCES DE CROISSANCES ET
D'ENGRASSEMENT DE BELIERS DJALLONKE**

B - : INFLUENCE DE LA QUALITE ET DU TAUX DE FOURRAGE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCES ET D'ENGRAISSEMENT DE BELIERS DJALLONKE

1. - JUSTIFICATION DU CHOIX EXPERIMENTAL

Au Burkina Faso les viandes de ruminants sont consommées généralement sous forme bouillies, avec des sauces d'accompagnement, aussi les critères de tendreté ne sont pas pris en compte. Ce sont des animaux âgés qui sont abattus engraisés ou non. Un circuit moderne de distribution se met en place avec l'expansion des supermarchés qui commercialisent des morceaux obtenus selon la découpe parisienne (BOCCARD et DUMONT, 1955). Dans ce cas les carcasses sont valorisées, la tendreté est prise en compte.

Des essais d'embouche utilisant 60 à 80 p.100 d'un complément alimentaire riche en énergie et en azote ont été testés avec succès (SAWADOGO, 1991 ; NASSA 1992 ; KALKOUNDO *et al.*, 1994 ; BONKOUNGOU, 1994) même si, techniquement, ces combinaisons se sont révélées performantes (80 à 134 g/jour), le prix de revient d'un kg de viande est très élevé, que de telles rations s'avèrent difficilement rentables dans les conditions économiques du pays.

Nous avons pensé, au vu de nos résultats précédents (cf. chapitre II) que l'utilisation des fourrages pauvres traités ou leur récolte au stade optimum de végétation associés à une complémentation limitée pouvait donner des performances acceptables.

2. - MATERIELS

2.1. - Animaux

Un bélier de race Djallonké de la souche locale "Mossi" est utilisé dans cet essai. Cet animal à une forme hypométrique, rectiligne à silhouette plus trapue, avec des caractères de féminité plus accusés que dans les races ovines du Sahel. Le poil est court mais non ras ; les cornes prismatiques dirigées vers l'arrière en bas, puis en avant chez le mâle. Il a été largement décrit par DUMAS et RAYMOND (1975) et BOURZAT (1979). A l'âge adulte (3 à 7 ans), le mâle peut atteindre 25 à 30 kg et la femelle 20 à 25 kg. Le poids moyen de la carcasse est de

10 à 12 kg, avec un rendement de 40 à 48 p.100. Selon BERGER et GINISTY (1980), le bélier Djallonké a des performances dépassant rarement 100g/jour dans les meilleures conditions.

Nous avons disposé de 34 béliers "Mossi", âgés d'environ 18 mois à leur arrivée sur la station de recherche de Kamboinsé. Ce sont des animaux tout-venant achetés sur le marché de Pouytenga, distant de 140 km de Ouagadougou, sur la base de leur dentition (présence de deux dents adultes). Ils étaient maigres mais d'apparence en bonne santé. Dès leur arrivée à la station, les animaux ont été soumis à une antibiothérapie générale (Biamycine longue action, deux injections à 72h d'intervalle). Puis à une période d'acclimatation durant laquelle ils ont été vaccinés contre la peste des petits ruminants (Tissupest, 1 ml par animal) et la pasteurellose (Pastovin, 2 ml par animal) suivi d'un déparasitage interne et externe (Ivomec). Pendant cette période d'acclimatation qui a duré deux mois, les animaux étaient soumis au même protocole que le troupeau de la station de Kamboinsé : ils étaient conduits au pâturage 5h par jour et recevaient collectivement au retour, une complémentation à base de tourteau de coton ou d'un mélange constitué de 50 p.100 de tourteau et 50 p.100 de graine de coton à raison de 100 g par jour et par animal. A la fin de la période d'acclimatation, 28 animaux ont été retenus sur la base de critères précis :

- GMQ enregistrés pendant la période d'observation
- conformation générale (BULDGEN *et al.*, 1992).
- forme du cornage qui, d'après la tradition indiquerait l'aptitude de l'animal à s'engraisser lorsqu'il est bien développé.

Au début de l'essai, les animaux ont à nouveau été déparasités à l'Ivomec ; ils reçoivent également un quart d'un comprimé de Boluvit (complexe vitaminé) et l'injection d'un complexe vitaminique AD₃E. L'antibiothérapie a été renouvelée également en raison de la fréquence des affections respiratoires observées à cette période. Les animaux d'un poids moyen de 19 kg en début d'essai seront conduits jusqu'à un poids moyen de 25 kg.

2.2. - Aliments

2.2.1. - Fourrages testés

Nous avons testé au cours de cet essai :

- la fauche précoce de *Pennisetum pedicellatum*, récoltée au stade début épiaison en mi-Septembre (10 au 20 Septembre), séchée au soleil et stockée dans un magasin bien ventilé à l'abri des intempéries,

- la fauche tardive de *Pennisetum pedicellatum*, récoltée au stade paille après dissémination des graines (15 Novembre - 15 Décembre), a été traitée à la dose de 6 p.100 d'urée et un taux de 40 p.100 d'humidité pendant 30 jours. Le produit traité a été séché au soleil jusqu'à l'obtention d'un taux de MS moyen de 85 p.100 puis stocké également dans un abri.

Tableau 25 : Composition chimique des fourrages testés.

	%MO	%MAT	%NDF	%ADF	%ADL	UFV/kg de MS
Pp. récolte précoce non traitée	90	6	75	50	7	0,62
Pp. récolte tardive traitée	91	14	77	56	9	0,56

Source : Analyses effectuées au Laboratoire de Nutrition Animale de Gampéla.

2.2.2. - Concentré utilisé

La complémentation a été effectuée avec du concentré "Kibsa". Sa composition chimique et sa valeur nutritive sont indiquées au Tableau 26. Ce concentré formulé à la Station INERA à l'intention des éleveurs a été testé par SOMA en 1992 en comparaison avec d'autres formules alimentaires. Il a été baptisé "Kibsa" en faisant allusion à l'appellation de la fête de "Tabaski" en langue nationale "moré" et en raison de l'importance que connaît l'embouche ovine à cette période.

La quantité de fourrage offerte aux béliers à l'engrais est de 3,5 p.100 du poids vif (RIVIERE, 1991) en début d'essai. Ce taux a été progressivement ajusté suivant le taux de refus qui ne devait pas dépasser 15 p.100 jusqu'à 4,5 p.100 du poids vif en fin d'embouche pour certains animaux.

La distribution du concentré est effectuée chaque matin avant celle du foin qui s'effectue en trois repas. Sa valeur MAD/UF est élevée et correspond à la complémentation en azote des fourrages pauvres. La couverture des besoins en matières minérales est assurée par mises à la disposition des animaux des pierres à lécher (12 P, Marque déposée, cf. Tableau 12 Chapitre II). L'eau est également distribuée à volonté.

Tableau 26 : Composition et valeur nutritive du concentré "Kibsa"

* Composition du concentré.

Ingrédients	Taux (%)
Tourteau de coton	30
Son de Blé	27
Graine de coton	26
Mélasses	14
Coquilles d'huîtres	1,7
NaCl	1,3

* Valeur nutritive

% MAT	UFV/Kg de MS	% MAD	MAD/UF	Ca/P
23,73	0,9	17,6	193	1,1

Source : Laboratoire de Nutrition Animale de Gampéla (LNA).

Cet aliment brut dose 90 p.100 de MS.

Les Ufv sont calculées à partir des équations établies par SAUVANT (1981)

3. - METHODES

3.1. - Allotement

Les 28 animaux destinés à cet essai ont été répartis en 4 lots de 7 animaux par une distribution au hasard ; l'attribution des régimes a été également faite au hasard (blocs aléatoires complets). Les animaux ont été logés en cages individuelles sur un sol en béton.

L'absence de lot témoin alimenté uniquement avec du fourrage se justifie par le fait que les fourrages tropicaux distribués seuls, ne couvrent que rarement les besoins d'entretien des animaux (GUERIN *et al.*, 1988). En effet, même sur pâturage naturel où le choix alimentaire est varié (graminées, légumineuses, ligneux) des expériences menées par ZOUNGRANA (1994) avec des ovins conduits au pâturage sans complémentation de Février à Mai, montrent des pertes moyennes de poids de 18 g par jour, pertes qui augmentent au cours de la saison. En étudiant les effets de la croissance compensatrice associés au passage de la saison sèche à la saison pluvieuse, ZOUNDI (1994) montre que le concept longtemps prôné de l'abondance

quantitative et qualitative des ressources fourragères pendant la saison pluvieuse est à nuancer ; il met en évidence l'insuffisance qualitative et parfois quantitative des parcours de saison pluvieuse. Le suivi de la croissance des animaux complémentés ou non complémentés en saison des pluies a montré une influence très positive de la complémentation. Cette déficience avait déjà été mentionnée par PRESTON et LENG (1986).

Les rations testées au cours de cet essai sont :

Lot 1 : *Pennisetum pedicellatum* récolte précoce non traitée plus 20 p.100 de concentré,

Lot 2 : *Pennisetum pedicellatum* récolte précoce non traitée plus 40 p.100 de concentré,

Lot 3 : *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée plus 20 p.100 de concentré,

Lot 4 : *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée plus 40 p.100 de concentré.

Le schéma expérimental de l'essai est résumé dans le Tableau 27. L'objectif de départ était de compléter les animaux à 20 p.100 et 40 p.100 ; mais les taux de complémentation recalculés en fonction de l'ingéré réel ont été de 25, 52, 25 et 48 p.100 pour respectivement les quatre lots (cf. Tableau 27).

Tableau 27 : Schéma expérimental de l'embouche *Pennisetum pedicellatum* (zone nord-soudanienne)

LOTS	Lot 1 Pp. récolte précoce non traitée	Lot 2 Pp. récolte précoce non traitée	Lot 3 Pp. récolte tardive traitée	Lot 4 Pp. récolte tardive traitée
Nombre d'animaux	7	7	7	7
PV moyen Début Essai (kg)	19,1±4,2	19,2±6,24	18,5±5,51	17,7±4,3
Proportion de Concentré "Kibsa"	25	52	25	48
Concentration énergétique de la ration en UF/Kg de MS	0,69	0,77	0,65	0,73
Valeur azotée de la ration en % de MAT	10,4	15,2	16,4	18,7

3.2. - Collecte des données

L'évolution pondérale et le GMQ sont déterminés par des pesés hebdomadaires des animaux à jeun le matin, avec une balance électronique de 60 kg de portée maximale et une précision de 10^{-2} kg.

Les quantités ingérées ont été évaluées par des pesées quotidiennes des aliments distribués et des aliments refusés. Le foin a été mesuré à l'aide d'un peson HOMS de 1 kg de portée maximale et de 0,01 kg de précision. Quotidiennement, les quantités offertes de concentré et des aliments refusés ont été pesés avec précision (balance électronique de marque Mettler P.J. de 4,1 kg de portée maximale $\pm 0,001$ g).

Pour limiter les gaspillages, le concentré était offert en un seul repas avant le service du foin qui était fractionné en trois repas : le premier était offert après le concentré, le second à 12 h et le dernier à 15 h. La distribution des rations expérimentales a débuté après 3 semaines d'adaptation au cours desquelles les animaux ont été habitués progressivement à leur nouveau régime pour éviter les risques d'accidents liés à un passage brutal du pâturage au foin traité.

Les refus collectés sont récupérés dans les mangeoires ; le foin ramassé au sol était séché lorsqu'il était humide puis pesé et comptabilisé comme perte et de ce fait, soustrait de la quantité offerte.

Pour l'analyse statistique des résultats de ces deux premiers paramètres (quantités ingérées et évolution pondérale), nous avons subdivisé l'ensemble de la période expérimentale en quatre périodes de trois semaines chacune ; il en est de même pour les paramètres qui s'y rattachent (comme l'indice de consommation).

Le rendement et la qualité carcasse sont mesurés à la fin de l'embouche par l'abattage systématique de tous les animaux du même lot. Cet abattage intervenait lorsque le lot atteignait un poids vif moyen de 25 kg, soit après des durées d'alimentation de 85 jours pour les lots 1 et 2, 120 jours pour le lot 4 et 148 jours pour le lot 3. En effet, selon BOCCARD et DUMONT (1960), il existerait une harmonie anatomique qui entraînerait une constance de l'importance relative des régions corporelles, indépendante de la morphologie extérieure des animaux. Selon MURPHY *et al.* (1994), la comparaison de carcasses de poids différents peut influencer l'interprétation des données. La découpe est pratiquée sur la carcasse chaude selon la méthode décrite par BOCCARD et DUMONT (1955) suivit de la pesée des différentes régions corporelles.

Avant l'abattage, les animaux sont soumis à une diète hydrique de 24 h ; ils sont pesés avant le début du jeûne (poids fin embouche) puis à l'arrivée à l'abattoir avant la saignée (poids vif final, noté PVF). Après la saignée, les animaux sont à nouveau pesés et ce poids correspond au poids mort après saignée (PMAS).

Après le dépouillement et l'éviscération, les différentes parties de l'habillage sont pesées (les organes vides sont abondamment lavés avant) : estomac vide, intestin vide, poumon, coeur, foie, reins, rate, testicules, gras de toilette et gras périrénal, pattes, tête, peau, diaphragme, volume panse. Le volume de la panse est déterminé par pesée de la quantité d'eau qu'elle peut contenir. La carcasse chaude est ensuite pesée et la découpe est réalisée immédiatement sur les demi-carcasses. Un matériel précis de pesée (précision de 10^{-3} g) a été utilisée pour ces différentes mesures.

4. - ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique des différents paramètres mesurés, l'analyse de covariance ainsi que la recherche des différentes corrélations ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (1982), en utilisant la procédure GLM (General Linear Models procedure). Le test de Scheffe a été retenu pour la hiérarchisation des moyennes dans les cas où elle a été nécessaire.

5. - RESULTATS

5.1. - Evolution pondérale et évolution de la consommation

L'objectif de départ était de compléter les lots à 20 et 40 p.100 mais les taux de complémentation recalculés en fonction des quantités réellement ingérées ont donné 25 p.100 pour les lots destinés à recevoir 20 p.100 et, respectivement, 52 et 48 p.100 pour les lots alimentés avec *Pennisetum pedicellatum* récolte précoce et *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée, devant recevoir 40 p.100 de concentré.

La synthèse des résultats obtenus sur l'évolution pondérale est résumée au moyen des Figures 13 et 14. La Figure 13 retrace l'évolution pondérale des béliers des quatre lots jusqu'à 15 semaines d'embouche, période d'adaptation comprise. L'allure de cette courbe montre une évolution pondérale assez régulière des quatre lots à partir de la 3ème semaine. La période de 0 à 3 semaines correspond à la période d'adaptation et les chutes de poids enregistrées pendant cette période, sont liées aux effets du stress alimentaire ou de la stabulation.

Les lots 1 et 2 recevant la récolte précoce sont toujours plus lourds que ceux recevant la récolte tardive traitée. Cette tendance est confirmée par l'analyse de variance de l'évolution pondérale, qui montre un effet du type de fourrage significatif à la 7ème, 8ème et de la 10ème

à la 15ème semaines. Cependant, le GMQ calculé sur l'ensemble de la période d'embouche ne montre aucun effet significatif. Une chute de poids inexplicable du lot 3 à la 3ème période est récupérée pendant la période suivante par un effet de croissance compensatrice. L'analyse statistique a souligné une interaction type de fourrage*concentré et un effet concentré (Figure 14).

Les lots alimentés avec 52 p.100 et 48 p.100 de concentré ont donné des performances comparables (GMQ) et supérieures aux lots alimentés à 25 p.100, ce qui correspond bien à notre attente.

L'évolution de la consommation alimentaire totale présentée à la Figure 15, montre une évolution croissante des quantités ingérées jusqu'à la 3ème période et devient par la suite plus ou moins constante. L'allure de ce graphe montre peu de différence de consommation entre les 4 lots ; le maximum de la consommation est observée à partir de la 3ème période.

- Lot 1 Pp récolte précoce non traitée+25%
- Lot 2 Pp récolte précoce non traitée+52%
- ▽ Lot 3 Pp récolte tardive traitée+25%
- ▼ Lot 4 Pp récolte tardive traitée+48%

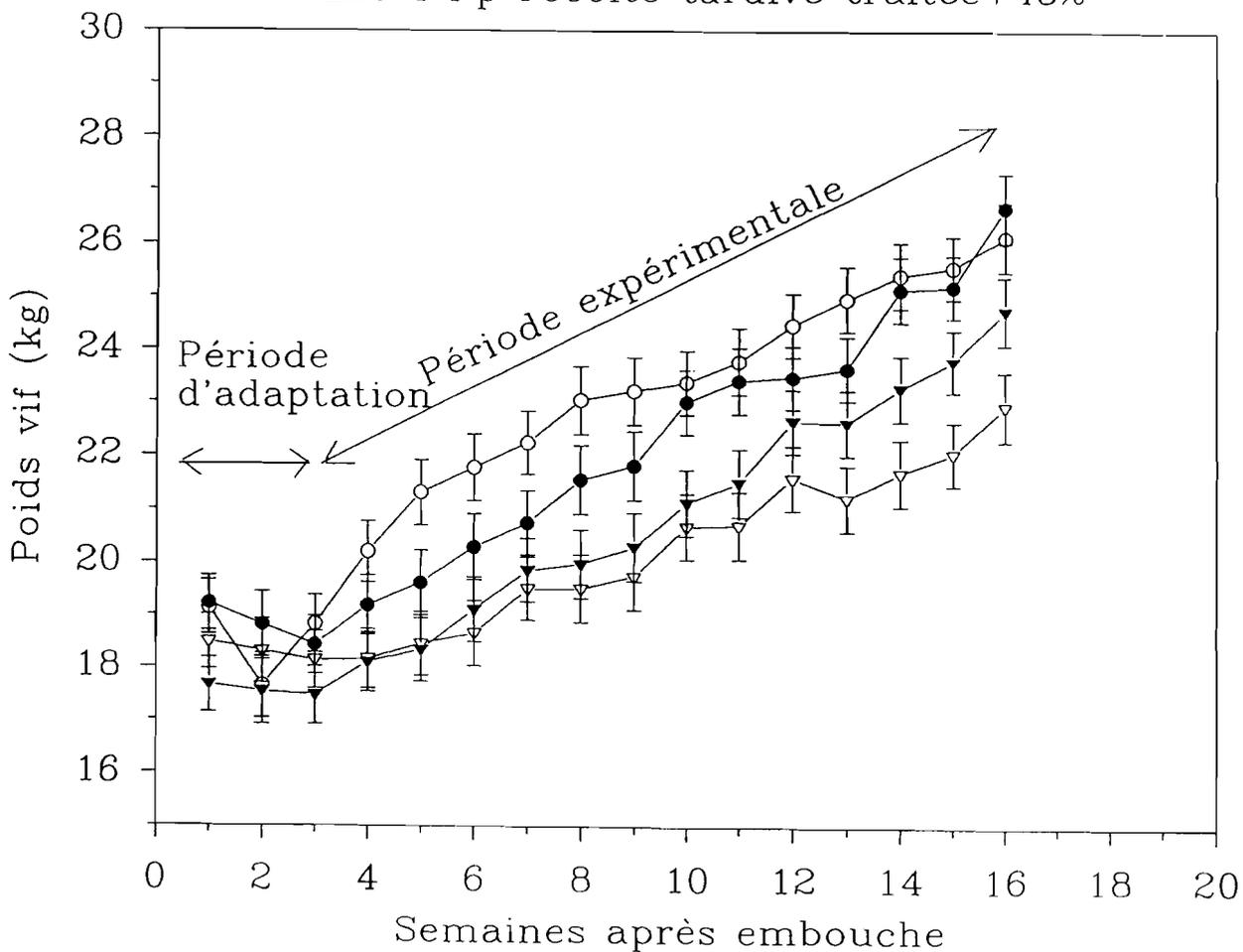


Figure 13 : Evolution pondérale des béliers embouche *Pennisetum pedicellatum*

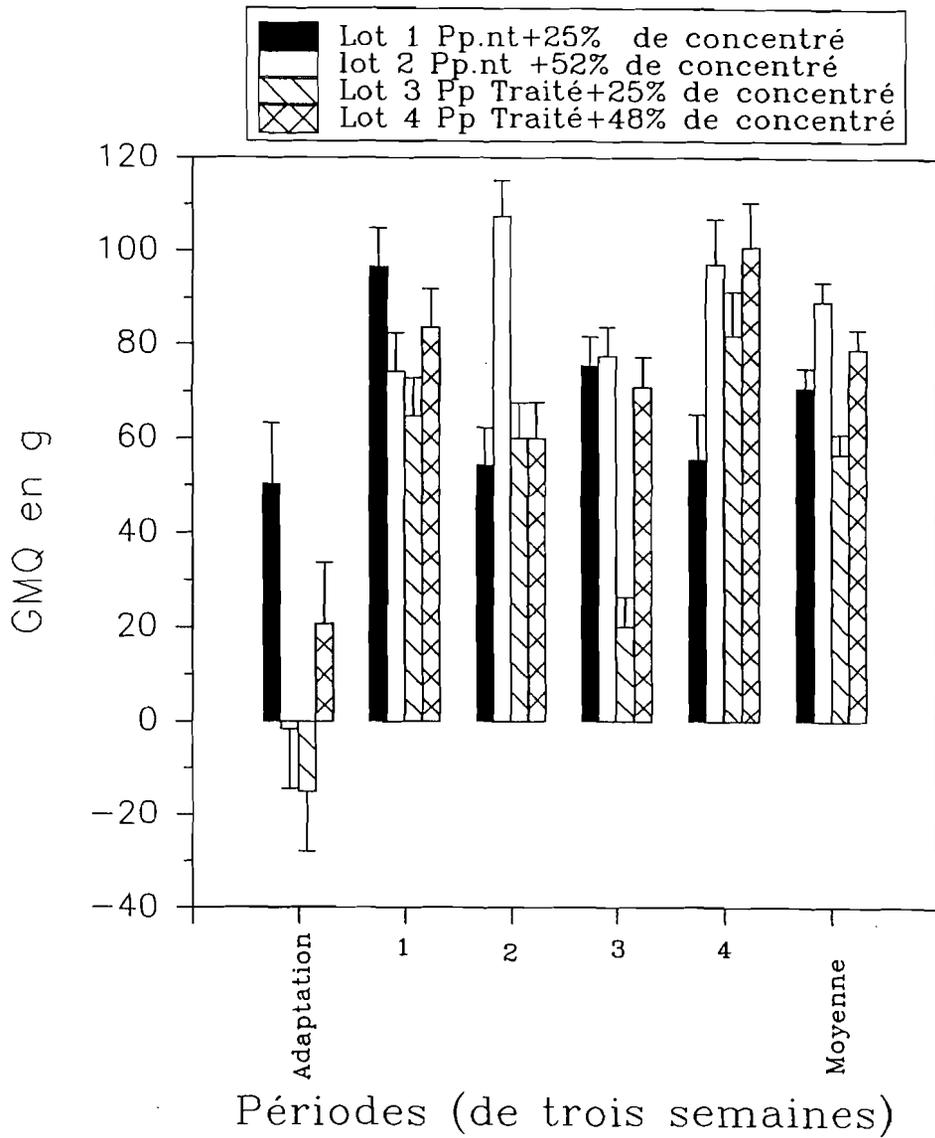


Figure 14 : Evolution du GMQ, moyenne par période de trois semaines et par lot

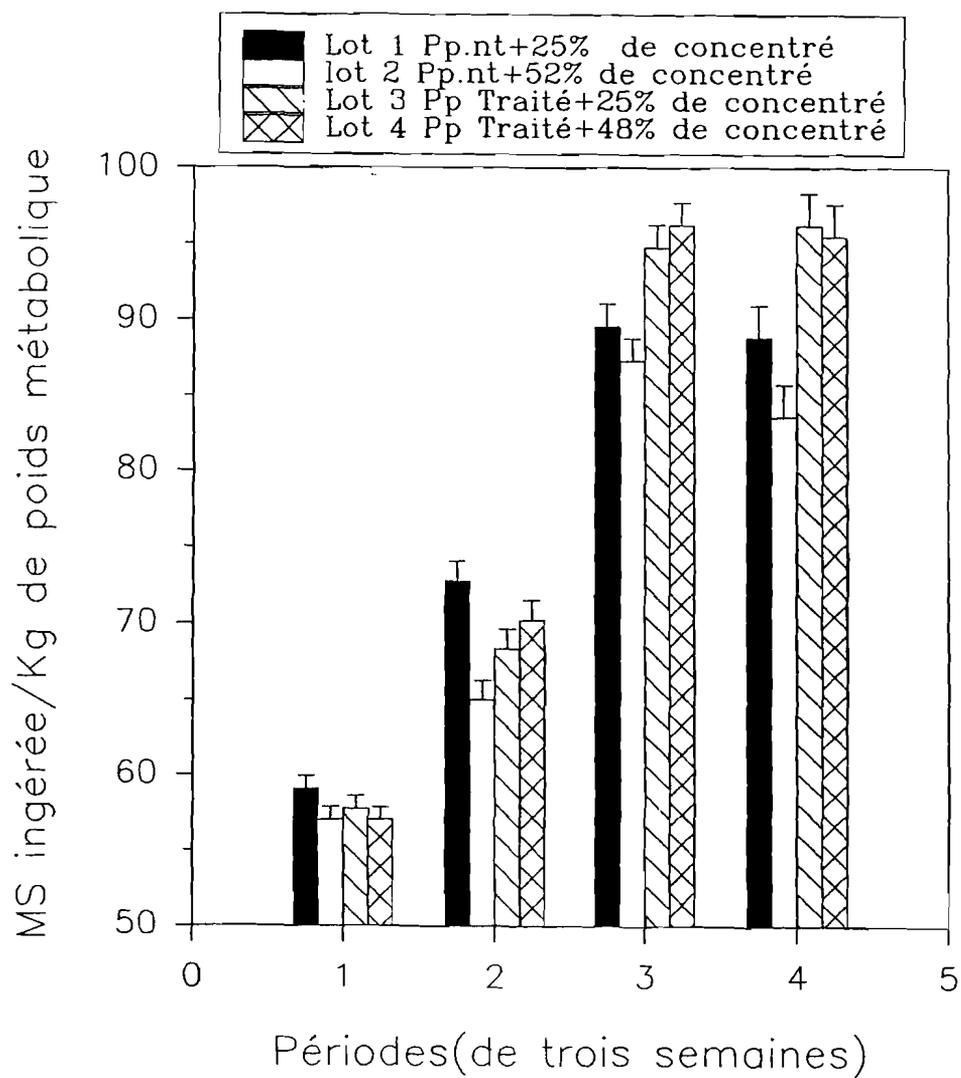


Figure 15 : Evolution de la consommation, moyenne par période de trois semaines et par lot

Cette observation est confirmée par l'analyse statistique de la moyenne des quantités totales de MS ingérées (MSI) qui n'indique aucun effet significatif des principaux effets testés (Tableau 28).

Tableau 28 : Quantités ingérées de foin, de concentré et de foin+concentré

	Lot 1 Pp. récolte précoce non traitee + 25% C	Lot 2 Pp. récolte précoce non traitee + 52% C	Lot 3 Pp. récolte tardive traitee + 25% C	Lot 4 Pp. récolte tardive traitee + 48% C	Erreur Standard	Effet Type de fourrage (TF)	Effet concentré Pr>F	Interac- tion TF*C
I moy	845	779	774	805	25			
I kg P ^{0,75}	77,6	73,2	79,2	79,7	4			
C moy	215	402	189	379	20		0,0001	
F moy	630	377	585	425	27		0,0001	
PC moy	25	52	25	48	2	0,005	0,0001	0,03
IC moy	12	8,7	13,7	10,8	1,2			

I moy = Matière sèche ingérée moyenne en g de MS

I kg P^{0,75} = Matière sèche ingérée par kg de poids métabolique

C moy = Concentré moyen en g de MS

F moy = Foin ingéré moyen en g de MS

PC moy = Proportion de concentré moyen en p.100

IC moy = Indice de consommation moyen = moyenne ingérée/GMQ moyen

C = concentré

TF*C = Interaction Type de fourrage, concentré.

L'analyse séparée de la quantité de foin consommée fait apparaître une influence très nette ($P < 0,0001$) de la complémentation. Ceci montre l'effet de substitution du fourrage lorsque les quantités d'aliment concentré augmentent. Cet ajustement explique l'absence de différence lorsque l'on compare les niveaux de consommation totale.

La différence de 4 points de taux de concentré existant entre les lots 2 et 4, peut expliquer l'effet type de fourrage signalé au niveau de la proportion de concentré. L'effet concentré très significatif ($P < 0,0001$) observé au niveau de ces paramètres, est lié sans aucun doute à la variation du taux de concentré de 25 à 50 p.100 (Tableau 28).

La comparaison des indices de consommation indique un effet concentré positif, les indices les plus faibles étant obtenus avec les lots alimentés à 50 p.100 de concentré (respectivement 8,7 et 10,8 pour *Pennisetum pedicellatum*, récolte précoce et *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée) et ceux complémentés à 25 p.100 respectivement 12 et

13,7. Ceci traduit le fait que les lots 2 et 4 aient parallèlement engendrés des vitesses de croissance plus rapides. A complémentation égale, les vitesses de croissance sont comparables.

L'analyse des performances moyennes exprimées par le GMQ, ne montre pas de différence significative. Sur l'ensemble de la période, ces GMQ se sont révélés satisfaisants pour les niveaux de complémentation testés.

5.2. - Incidence du type de rationnement sur les caractéristiques de l'habillage

Le Tableau 29 résume les composants de l'habillage ainsi que les significations statistiques associées. L'analyse de ce tableau révèle que les animaux abattus à un poids identique, ne montre pas de différence significative des principaux effets testés pour les paramètres PVF, PMAS, comme cela était attendu.

Le poids de la carcasse montre un effet de l'aliment concentré significatif ($P < 0,04$), les carcasses les plus lourdes étant engendrées par les lots recevant 50 p.100 de concentré. Il a également influencé positivement les poids des organes foie, reins, rate, peau, diaphragme, volume panse, testicules. Ceci traduit le fait que la complémentation ait été utilisée en grande partie pour la croissance des organes internes, comme l'indique le sens de variation du poids des organes cités qui augmente avec le niveau de complémentation.

Des effets positifs de la complémentation signalés sur les paramètres gras de toilette et gras périrénal étaient prévisibles et montrent que des taux élevés de concentré sont nécessaires pour améliorer l'état d'engraissement des animaux. L'augmentation du taux de concentré entraîne une augmentation de la proportion de gras.

L'effet du type de fourrage n'a eu d'influence que sur les paramètres, poids estomac vide ($P < 0,003$), poids coeur ($P < 0,0002$) et poids reins ($P < 0,004$).

Le poids du rein révèle un triple effet (type de fourrage, concentré et interaction type de fourrage-concentré) qui traduit l'hétérogénéité du sens de variation des résultats. Les lots recevant la récolte précoce, donnent des poids comparables tandis que ceux recevant *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée, indiquent une augmentation avec le niveau de complémentation.

Tableau 29 : Caractéristiques bouchères des béliers, résultats de l'abattage de l'embouche *Pennisetum pedicellatum* (zone nord-soudanienne) exprimées en kg

	Lot 1 Pp. récolte précoce non traitée +25% C	Lot 2 Pp. récolte précoce non traitée +52% C	Lot 3 Pp. tardive traitée + 25% C	Lot 4 Pp. récolte tardive traitée + 48% C	Erreur Standard	Effet type de fourra- ge	Effet concen- tré	Interac- tion TF*C
PVF	25,0	25,2	24,0	26,0	0,6			
P.M.A.S.	24,1	24,3	23,0	24,8	0,5			
sang	0,9	0,9	1,0	1,1	0,04			
P.Carcasse	10,0	11,0	10,1	11,4	0,3		0,04	
Estomac v.	1,0	1,0	0,8	0,9	0,03	0,03		
Intestins v.	1,3	1,2	1,1	1,2	0,04			
Abats	1,0	1,2	1,0	1,0	0,003			
Poumons	0,2	0,2	0,2	0,3	0,01			
Coeur	0,13	0,14	0,1	0,11	0,005	0,0002		
Foie	0,35	0,42	0,35	0,41	0,01		0,002	
Reins	0,08	0,09	0,05	0,08	0,004	0,004	0,0007	0,02
Rate	0,08	0,12	0,08	0,11	0,005		0,0002	
Pattes	0,57	0,58	0,57	0,63	0,01			
Tête	2,76	2,84	2,83	2,87	0,05			
Peau	1,85	2,12	1,83	2,11	0,06		0,02	
Diaphragme	0,12	0,13	0,1	0,13	0,004		0,04	
Vol.panse	12,51	9,58	12,77	11,69	0,47		0,03	
Testicules	0,32	0,38	0,31	0,35	0,01		0,03	
GrasT+P	0,29	0,51	0,34	0,58	0,04		0,008	
%gras	2,81	4,68	3,41	4,89	0,33		0,01	

PVF = Poids vif final. P.M.A.S. = Poids mort après saignée. v. = vide. Gras T+P = Gras de toilette+gras périrénal. Vol.Panse = Volume panse en litres. E.S. = Erreur standard. TF = Type de fourrage. C = concentré. TF*C = interaction, type de fourrage*concentré

5.3. - Résultats de découpe des carcasses

Les résultats de découpe ainsi que leurs significations statistiques sont résumés dans le Tableau 30.

Tableau 30 : Résultats de la découpe des carcasses exprimés en p.100 de la carcasse, incidence de rations.

	TYPE DE FOURRAGE (TF)				Erreur Standard	Effet TF	Effet concentré	TF*C
	Pp. récolte précoce non traitée		Pp. récolte tardive traitée					
	Lot 1 25% C	Lot 2 52% C	Lot 3 25% C	Lot 4 48% C				
Carcasse (kg)	10,0	11,0	10,1	11,4	0,3		0,04	
RDT VRAI	39,7	43,7	42,3	44,1	0,5		0,002	
% Gigot	26,5	25,7	25,7	25,4	0,3			
% Selle	6,4	7,1	6,3	6,59	0,2			
% Filet	6,4	7,4	6,7	6,8	0,2			
% Carré Couv	9,1	10,1	9,6	9,2	0,2			0,04
% CATEG 1	48,4	50,4	48,3	47,9	0,7			
% CarréDécou	6,6	6,9	6,9	6,0	0,2			
% Epaule	17,5	17,4	17,9	17,8	0,2			
% CATEG 2	24,1	24,3	24,8	23,8	0,3			
% Poitrine	11,1	11,2	12,6	12,4	0,3	0,005		
% Collier	12,3	13,8	12,3	11,2	0,3	0,01		0,01
% CATEG 3	23,4	25,0	24,9	23,6	0,3			

RDT VRAI = Rendement vrai, ES = Erreur Standard, TF = Type de fourrage, C = Concentré, TF*C = Interaction. Demi-carcasse en kg.

%CATEG 1 = % catégorie 1 = % ((gigot + selle + filet + carré couvert)/carcasse)

%CATEG 2 = % catégorie 2 = % ((carré découvert + epaule)/carcasse)

%CATEG 3 = % catégorie 3 = % ((poitrine + collier)/carcasse)

L'augmentation du taux de concentré a eu une influence très positive sur le poids des carcasses ($P < 0,04$) et le rendement vrai carcasse ($P < 0,002$), les poids et les rendements les plus

élevés étant obtenus avec les lots recevant 50 p.100 de concentré. Le rendement carcasse du lot 1 est très faible alors que ce lot a montré de bonnes performances de croissance comparativement au lot 3.

Les proportions relatives des différents morceaux et leur somme exprimée au niveau des catégories 1 à 3, ne montrent aucun effet concentré. L'effet type de fourrage, par contre, influence significativement la proportion de collier et celle de poitrine. Les autres morceaux ne montrent aucun effet significatif lié au type de fourrage.

Les lots recevant la récolte précoce semblent favoriser le développement du collier tandis que les lots recevant *Pennisetum pedicellatum* récolte tardive traitée, celui de la poitrine. Malgré cela, ces variations n'ont pas introduit de différence sur l'ensemble des morceaux de 3ème catégorie p.100 ((collier + de poitrine)/carcasse) en raison sans doute de l'interaction positive signalée.

5.4. - Bilan financier

Le bilan financier exprimé en Franc CFA, présenté dans le Tableau 31 a été établi avec l'ensemble des résultats techniques enregistrés jusqu'à la 15ème semaine, date d'abattage des premiers lots (lots 1 et 2). Tous les animaux n'ont pas encore atteint le poids de 25 kg. Leur poids réel est pris en compte dans les calculs.

Les charges ont été évaluées de manière pratique en prenant en compte les frais réellement engagés dans cette opération d'embouche. Toutefois, les frais de main d'oeuvre ont été réduits au strict minimum en ne prenant pas en compte le temps consacré à l'évaluation des différents paramètres mesurés. Les frais vétérinaires indiqués englobent le coût réel des soins effectués.

Les amortissements inscrits prennent en considération le coût de réalisation d'un hangar pouvant abriter 28 béliers. Les frais de main d'oeuvre ont été comptabilisés en raison d'une unité de travail pour l'entretien de 300 béliers en stabulation permanente. L'unité de travail a été évaluée à 7 h de travail par jour. Les dépenses alimentaires ont été calculées sur la base de la consommation moyenne enregistrée réellement et du coût réel des rations.

Le fourrage de récolte précoce a été acheté 18 F le kg soit 32 F/UF. Les frais liés au séchage ont été pris en compte : 1,25 F/kg de MS.

Le fourrage de récolte tardive a été acheté à 5 F le kg et son prix de revient après traitement est de 13 F, soit 23 F/UF. Le prix de l'urée a été pris en compte : 60 F le kg de même que les charges en main d'oeuvre estimées à 4 unités de travail pour traiter 1 à 1,5 tonnes.

Le concentré est acheté 75 F le kg soit 92 F/UF.

Le Tableau 33 montre que lors d'une embouche intensive en stabulation, le prix d'achat des béliers représente 66 à 78 p.100 des charges totales et les frais d'alimentation interviennent largement à raison de 14 à 23 p.100.

L'étude du prix de revient du kg de gain montre que les lots 2 et 4 sont les plus intéressants. Dans ces deux rations l'apport d'aliment concentré est voisin de 50 p.100, le fourrage de récolte précoce est légèrement plus économique que celui de récolte tardive.

Tableau 31 : Bilan Financier de l'opération d'embouche avec *Pennisetum pedicellatum* en F CFA.

	POSTES/PARAMETRES	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
	Effectif	7	7	7	7
	PVm début.Emb.	19,1±4,2	19,2±6,2	18,5±5,5	17,7±4,3
	PVm fin.Emb.	26,1±4,8	26,7±8,5	22,9±7,3	24,7±6,6
	Gain total moyen	4,8	7,1	4,5	6,4
1.CHARGES F	Amortissements	1250	1250	1250	1250
	Frais grx (5p.100)	63	63	63	63
	Total	1310	1310	1310	1310
2.CHARGES VARIABLES	Prix du Kg vif	500	500	500	500
	Achat animaux	66990	67270	64680	61810
	Frais alimentation	16 128	21 735	12 803	19 989
	Frais vétérinaires	9597	9597	9597	9597
	Main d'oeuvre	1575	1575	1575	1575
	Total	94 290	100 177	88 655	92 971
TOTAL 1+2		95 600	101 487	89 965	94 281
3.PRIX DE REVIENT DU KG DE GAIN		5 960	4 776	5 610	5 074
	(1)	70	66	72	66
	(2)	17	21	14	21

PVm (début ou fin) emb. = Poids vif moyen début ou fin embouche. Gain total moyen en kg. Frais grx = Frais généraux PRDT = Produits.

1 - = Intervention du prix d'achat des animaux dans la formation du prix de revient en p 100 par rapport aux charges totales.

2 - = Intervention du coût de l'alimentation dans la formation de l'ensemble des charges.

6. - DISCUSSION

Les animaux utilisés dans cette expérimentation, provenaient d'achats sur un marché local. Aussi, après distribution au hasard en quatre lots, la dispersion des poids est assez importante. Les écart-types au sein de chaque lot varient en début d'embouche de 4,2 à 6,2 kg et après 15 semaines de 4,8 à 8,5 kg. L'augmentation des écart-types au cours de l'expérimentation, traduit une hétérogénéité de la population. Cette variabilité est certainement liée au fait que ces races n'ont pas été sélectionnées mais aussi au passé nutritionnel des animaux. Pour pallier cet inconvénient BULDGEN *et al.* (1992) avaient proposé de sélectionner les animaux sur la base de leur conformation générale afin d'obtenir des lots plus homogènes et plus performants. L'augmentation des effectifs dans les lots permet de tamponner cette variabilité, mais dans les pays en voie de développement le coût de la recherche est un facteur déterminant limitant. L'engraissement accroît l'hétérogénéité cependant, les gains de poids totaux obtenus par les béliers d'un même lot sont assez voisins (Tableau 31). L'analyse de covariance en considérant le poids initial comme covariable n'a montré aucun effet significatif. Ceci indique que la croissance obtenue n'a pas été affectée par le poids initial des animaux.

Les quantités de MS ingérées, au cours de l'embouche exprimées en fonction du poids métabolique, augmentent de la même façon que ceux présentés par XANDE (1978 a et b) qui indiquent, avec des fourrages grossiers de mauvaise qualité, une lente adaptation des animaux au régime. Ces quantités peuvent doubler lorsque les animaux sont bien accoutumés. Ce résultat est lié à une augmentation de la vitesse d'ingestion, à l'accélération du transit digestif et à l'augmentation de la capacité du rumen. Notre étude montre un volume de rumen significativement plus important chez les animaux recevant peu de concentré (Tableau 29, effet concentré).

La comparaison des gains de poids d'animaux élevés pour l'embouche et disponible dans la bibliographie est relativement délicate. En effet, les formats et le potentiel de croissance des animaux mis en expérience peuvent être très différents. La capacité d'ingestion et la composition du gain au cours de l'embouche, sont fonction de l'état corporel en début d'essai. Cet état est rarement signalé dans les compte rendus.

Dans nos essais, l'état corporel initial des animaux était classé maigre, mais ne révélait aucun signe de sous-alimentation grave. Alimentés avec les niveaux 25 p.100 de concentré ou 50 p.100, ils ont assuré des GMQ de 57 à 71 g pour les premiers et 79 à 89 g pour les seconds. Avec des animaux de la même race, mais qui recevaient des niveaux de concentré élevés de 60 p.100 et parfois à volonté en complément de rations à base de fourrages, BOURZAT *et al.* (1987), BERGER (1979) et BONKOUNGOU (1994) obtiennent des GMQ compris entre 58

et 90 g, résultats équivalents à ceux que nous avons enregistrés avec moins d'aliment concentré.

Avec des béliers de format deux fois plus importants que ceux de la souche "Mossi", et le même apport de 60 p.100 d'aliment concentré dans la ration, BOURZAT *et al.* (1987), avec le mouton "Peul", BULDGEN *et al.* (1992), avec le mouton de race Touabire au Sénégal, enregistrent des gains de 75 à 94 g par jour. La supériorité de nos résultats peut s'expliquer soit par la qualité des fourrages utilisés, soit par la qualité du concentré, soit par l'effet combiné des deux.

Les pailles traitées à l'urée ou à l'ammoniac, ont souvent été utilisées dans des expériences d'embouche. BOURZAT *et al.* (1989), avec des béliers "Peul" et de la paille traitée à l'urée complémentée avec 80 p.100 de concentré, obtiennent des GMQ de 83 à 112 g, mais SUBAGDJA (1986), avec des agnelles Mérinos en croissance nourries avec de la paille de blé dur traitée à l'ammoniac et 20 p.100 de concentré, enregistrent des gains de 180 à 280 g par jour. Ces résultats montrent bien l'amélioration possible des fourrages de mauvaise qualité par un traitement alcalin.

Les indices de consommation traduisent l'efficacité de transformation des aliments. Ils sont donc plus faibles lorsque l'aliment est bien valorisé. Les indices que nous obtenons dans cet essai, sont habituels et témoignent de la bonne qualité des rations distribuées. Ces résultats se rapprochent de ceux de ANDERSEN *et al.* (1989) et de ROKBANI et NEFZAOUI (1993) qui indiquent que la paille traitée à l'urée ou à l'ammoniac correctement complémentées pouvaient partiellement ou totalement remplacer un fourrage de bonne qualité.

Malgré une alimentation complémentaire importante, les indices de consommation trouvés dans la bibliographie sont égaux ou supérieurs. Ainsi, GINISTY (1977) et BERGER (1979) enregistrent des indices supérieurs à 10, BONKOUNGOU (1994) des valeurs de 12,6 à 18 et SAWADOGO (1991) des valeurs encore plus élevées, de 20 à 35.

Nous avons abattus les béliers à un poids identique de 25 kg afin de comparer l'effet de la qualité de l'alimentation sur la proportion des différentes régions corporelles. En effet, selon BOCCARD et DUMONT (1960) cette proportion dépend principalement du poids des animaux. Cette théorie de l'harmonie anatomique a été confirmée aussi bien par BOCCARD et DUPLAN (1961) avec des agneaux abattus à un poids identique mais présentant des vitesses de croissance différentes que par MARTIN-ROSSET *et al.* (1983) avec des races lourdes de cheval de boucherie.

Les rendements carcasses enregistrés sont faibles en général (40 à 44 p.100) mais conformes aux potentialités de la race "Mossi" mentionnée par PROVOST *et al.* (1980), et à la densité énergétique de la ration. Les rations renfermant peu de concentré, présentent les rendements les plus faibles. Ces résultats ont été bien montrés par ROMPALA *et al.*, 1988 ; DROUILLARD *et al.*, 1991 avec des rations peu énergétiques ou par KONDOMBO (1991),

BONKOUNGOU (1994) avec des rations plus riche renfermant au minimum 60 p.100 de concentré.

L'effet très positif du taux de concentré sur le poids de carcasse et l'état d'engraissement observés était attendu et est en accord avec les résultats de AZIZ *et al.* (1994) et MURPHY *et al.* (1994). De même, la peau, le diaphragme, les testicules diffèrent significativement sous l'effet des deux niveaux de concentré. La peau est un organe bien connu pour stocker les dépôts adipeux chez les animaux gras (BENEVENT, 1971). Les organes internes, foie et reins, répondent de la même façon. Ce sont des organes qui, en période de sous-alimentation peuvent perdre 30 p.100 de leur poids, mais sont capables de récupérer rapidement 90 p.100 de cette perte après retour à une alimentation normale (BURRIN, 1987 ; ROMPALA *et al.*, 1988 ; DROUILLARD *et al.*, 1991 ; KABBALI *et al.*, 1992 (a et b))

La valeur relative des morceaux de 1ère catégorie obtenus dans cet essai (48 à 50 p.100) se rapproche de ceux obtenus par BONKOUNGOU (1994) (en moyenne 51 p.100), NIANOGO *et al.* (1994) (50 à 54 p.100) et PROVOST *et al.* (1980) (48,6 p.100). Ceux de 2ème et 3ème catégorie représentaient environ 24 p.100 de la carcasse, résultat légèrement supérieur à ceux de PROVOST *et al.* (1980) (22 p.100).

Le faible rendement obtenu avec le lot 1 associé à des performances élevées, serait lié à un développement plus important de l'estomac dans ce lot. Ce phénomène a été observé également par ROMPALA *et al.* (1988) qui indiquaient une augmentation du poids du gros intestin de animaux recevant des rations à faible densité énergétique. De même, DROUILLARD *et al.* (1991) attribuaient l'absence de croissance compensatrice à un développement du tractus digestif.

L'effet positif du traitement sur les paramètres poids du coeur, poids des reins, est tout à fait original ; à notre connaissance, il n'a pas encore été signalé dans la bibliographie.

CONCLUSION

Le bélier "Mossi", malgré son faible poids, a des potentialités de croissance acceptable (NIANOGO *et al.* (sous presse), BONKOUNGOU (1994), SAWADOGO (1991), SOMA (1992) et NASSA (1990 et 1992)). Le facteur alimentaire joue un rôle prépondérant dans la croissance-finition des animaux destinés à la boucherie.

La complémentation de *Pennisetum pedicellatum* récolté en mi-septembre ou le traitement à l'urée de la récolte tardive ouvre des perspectives pour l'intensification de la production animale, compatibles avec les ressources fourragères existantes et le problème

alimentaire de la longue saison sèche au Burkina Faso et de façon générale en Afrique de l'ouest. En effet, des niveaux de complémentation de 25 à 50 p.100 permettent d'obtenir des gains de poids satisfaisants de 57 à 89 g par jour supérieurs ou équivalents aux résultats de la bibliographie, obtenus pourtant avec des taux de complémentation supérieurs.

La réussite financière de l'embouche en stabulation permanente avec des animaux de souche locale, dépend du choix des meilleurs sujets à partir de leurs conformations, de leur état de santé et de l'utilisation du régime alimentaire le moins coûteux et le plus efficace, du choix de la période de finition mais surtout du prix d'achat des animaux qui intervient pour 70 p.100 dans la formation du prix de revient. A ce propos, cette étude montre qu'une telle opération est plus satisfaisante avec les apports élevés de concentré (50 p.100) associés au fourrage récolté précocement. Le fourrage récolté tardivement et traité donne un résultat économique très voisin.

Les éleveurs devraient adopter la technique d'une récolte précoce des fourrages, et distribuer des rations comprenant 50 p.100 d'aliment concentré à des béliers en croissance-finition. Aussi le traitement au taux de 6 p.100 d'urée des récoltes tardives de fourrage complémentés avec 50 p.100 d'aliment concentré conduisent à des résultats techniques et économiques légèrement plus faibles devrait tout de même être adopté.

Les résultats obtenus avec *Pennisetum pedicellatum* peuvent être généralisé à d'autres graminées fourragères exploitées de la même façon.

Les conditions de rentabilité d'une telle entreprise étant déterminées, il appartient au producteur de faire un choix de la méthode convenable et de la combinaison idéale en fonction des moyens à sa disposition, des impératifs de gestion de son système de production et de la rémunération du marché.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail s'inscrit dans le cadre des objectifs de recherche du programme "Production animale" de l'Institut National d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA). Il a été mené dans deux zones écologiques différentes du Burkina Faso, la zone nord-soudanienne et la zone sahélienne. Les travaux présentés sont les résultats de quatre années de recherche sur le thème : **Valorisation des fourrages naturels récoltés au Burkina Faso (zone sahélienne et soudanienne), traitement à l'urée de la biomasse. Utilisation par les ruminants.**

Les fourrages tropicaux, trop rapidement lignifiés en période humide, ou en période sèche lorsque les plantes ont atteint le stade de maturité complète, ne peuvent assurer que rarement la couverture des besoins des animaux. Pendant la période sèche, les animaux connaissent un déficit alimentaire parfois très sévère.

Le problème de l'amélioration de la valeur nutritive de ces végétaux a été abordé au cours de cette thèse, les études envisagées sont : le traitement à l'urée après récolte tardive en période sèche, la complémentation de cette récolte, le fanage de la récolte précoce ou l'utilisation de l'urée comme conservateur de cette récolte précoce.

La première étape de cette étude nous a permis de vérifier que les quatre fourrages tropicaux testés réagissent correctement aux traitements alcalins. Ces fourrages, de type C4, récoltés au stade maturité complète, se comportent d'une manière assez voisine à celle des pailles de type C3 des pays tempérés. Les niveaux de fixation de l'azote sur les structures végétales sont comparables mais, par contre, l'intensité de la désorganisation des complexes ligno-cellulosiques est moins importante. Nous pouvons vraisemblablement généraliser aux graminées tropicales les résultats obtenus avec quatre d'entre elles.

Les résultats obtenus nous permettent de proposer les paramètres de traitement suivant : 6 p.100 d'urée sans apport d'uréase exogène, 40 p.100 d'humidité et 30 jours de traitement à la température ambiante de 33 °C environ. Ce choix correspond à un compromis entre une uréolyse totale, des modifications biochimiques du végétal acceptables et une économie d'urée. Des doses d'urée plus élevées devraient s'accompagner de durées de traitement plus longues. Nous avons, en effet, relevé après 30 jours de traitement la présence d'urée résiduelle lorsque des doses de 9 p.100 d'urée sont utilisées. Cet allongement de la durée de traitement pourrait favoriser l'uréolyse et, comme nous l'avons montré, des modifications biochimiques du végétal traité plus

importantes qu'aux doses de 4 ou 6 p.100 d'urée. La valeur nutritive des fourrages traités à 9 p.100 serait plus élevée. Ces hypothèses restent à être vérifiées.

Les essais d'ingestibilité et de digestibilité ont confirmé que les fourrages récoltés à maturité complète ne peuvent assurer les besoins d'entretien des animaux. Par contre, les récoltes précoces en début d'épiaison et les récoltes tardives traitées à 6 p.100 d'urée conduisent à des résultats comparables. Elles assurent sans complémentation les besoins d'entretien des animaux. *Schoenefeldia gracilis* récolté au stade épiaison est très mal ingéré. Cette faible ingestibilité a pu être améliorée par un traitement de conservation à 2 p.100 d'urée. Une récolte à un stade végétatif plus précoce, avant épiaison paraît souhaitable. Le recours à un agent conservateur (2 p.100 d'urée) devrait améliorer la valeur azotée et faciliter la récolte et la conservation en période pluvieuse.

L'apport d'aliment concentré associé à du fourrage de *Pennisetum pedicellatum* traité, après récolte tardive ou récolté précocement au stade début épiaison, a été testé dans des essais de production laitière ou de croissance-finition d'ovins "Mossi".

Les mesures quantitatives et qualitatives du lait produit entre la 2ème et la 13ème semaine de lactation par des brebis "Mossi" recevant les fourrages expérimentés et 20 p.100 d'aliment concentré montrent la supériorité du lot recevant la paille récoltée tardivement et traitée, aussi bien sur la base du lait standard produit, que sur sa qualité (matière sèche, matières protéiques). Les quantités de matières sèches, matières protéiques et matières grasses ont été augmentées significativement dans le lot recevant le fourrage traité.

Les béliers en période de croissance-finition, recevant les fourrages expérimentaux et 25 à 50 p.100 de leur ration sous forme d'aliment concentré, ont nécessité un délai de 85 à 148 jours selon les lots pour atteindre le poids et l'état corporel exigé pour être abattus. L'effet niveau de concentré améliore l'indice de consommation, le GMQ, l'état d'engraissement et le développement des organes internes. La nature du fourrage influence le poids de certains organes tels que le coeur et les reins.

Un bilan financier a montré que les deux modèles d'alimentation étudiés, récolte précoce ou tardive traitée à la dose de 6 p.100 d'urée et complétementées avec seulement 50 p.100 d'aliment concentré conduisaient aux meilleurs résultats économiques. Des économies pourraient être réalisées lors de la fabrication des foins des récoltes précoces. La fenaison aléatoire et exigeante en main d'oeuvre pourrait être remplacé par un traitement plus économe de conservation avec 2 p.100 d'urée. Cette technique, réalisée une seule fois avec succès, demande à être confirmée.

Les résultats obtenus au cours de cette thèse peuvent être généralisés aux autres fourrages naturels tropicaux exploités dans les mêmes conditions.

Le développement récent des techniques de récolte et de traitement à l'urée des résidus ligneux de culture ou de fourrages naturels tropicaux dans des pays africains Niger, Mauritanie, Madagascar, ont prouvé la faisabilité et l'efficacité de cette technique. Au Burkina Faso, sa vulgarisation peut être dirigée aussi bien vers les éleveurs isolés que des groupements et pourra être facilitée par la relation existante entre l'INERA et la Direction de la Vulgarisation Agricole. Elle pourra s'inspirer des expériences menées dans les pays voisins. L'environnement scientifique et technique présent au Burkina Faso devrait permettre une application rapide. En effet, l'Institut National d'Etudes et de Recherches Agricoles soutient cette étude et les propositions de recherches complémentaires que nous envisageons, devraient pouvoir se réaliser dans un avenir proche. Les agents de vulgarisation, techniciens supérieurs, pour lesquels j'ai déjà assuré des formations aux techniques de traitement des résidus ligno-cellulosiques, sont en contact direct avec les éleveurs. Les traitements des fourrages récoltés tardivement en période sèche devraient être adoptés facilement. Par contre, la valorisation des fourrages à récolter précocement, en fin de période humide, entre en compétition avec les travaux culturels encore importants et prioritaires. De plus, d'autres éléments tels les habitudes de conduite de l'élevage, la nécessité d'engager quelques frais pour la construction des silos, l'achat d'urée et d'accessoires comme des films de polyéthylène ou l'approvisionnement en matériaux locaux pour assurer la couverture étanche des meules à traiter, constituent des obstacles à franchir. Cette dépense sera-t-elle acceptée dans un contexte économique peu favorable ? Faudra-t-il solliciter une aide financière pour réussir ce transfert de technologie ?

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.O.A.C (1984) Official methods of analysis (13ème édition). Association of Official and Analytical Chemists. Washington D.C., 114 pp

ACHARD F (1993) Evolution récente de la végétation dans six stations au Burkina. Thèse, Institut National Polytechnique de Toulouse, 271pp

ABDOULI H, KHORCHANI T (1987) Traitement des pailles à l'urée. I- Conditions d'utilisation de l'urée, source d'ammoniac, dans le traitement de la paille. *Fourrages*, **110**, 205-218

ABDOULI H, KHORCHANI T, KRAIEM K (1988) Traitement de la paille à l'urée. II- Effets sur la croissance des taurillons et sur la digestibilité. *Fourrages*, **114**, 167-176

ADU IF, BRINCKMAN WL (1981) Feedlot performance and carcass characteristics of sheep fed varying concentrate levels. *J Anim Prod Res*, **1**, 1-12

ADU IF, OLALOKU EA, OYENUGA VA (1974) The effects of energy intake during late pregnancy on lambs birth weights and lactation of Nigeria dwarf sheep. *Niger Anim Prod*, **1**, 151-161

AKIN DE (1982) Forage cell wall degradation and p-coumaric, ferulic and sinapic acids. *J Agron*, **74**, 424-428

AKIN DE, BORNEMAN WS, RIGSBY LL, MARTIN SA (1993) p-coumaroyl and feruloyl arabinoxylans from plant cell walls as substrates for ruminal bacteria. *Appl Environ Microbiol*, **59**, 644-674

AMEGEE Y (1984a) Etude de la production laitière de la brebis Djallonké en relation avec la croissance des agneaux. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, **37**, 331-335

AMEGEE Y (1984b) Le mouton "vogan" croisé (Djallonké x Sahélien) au Togo. I- La production lactée et ses relations avec la croissance des agneaux. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, **37**, 82-90

- AMEGEE Y (1984c)** Le mouton "vogan" croisé (Djallonké x Sahélien) au Togo. II- Valeur bouchère des agneaux non engraisés. *Rev Méd Vét Pays Trop*, **37**, 91-96
- AMEGEE Y (1984d)** Le mouton "vogan" croisé (Djallonké x Sahélien) au Togo. III- Performances d'engraissement et rendement des carcasses. *Rev Méd Vét Pays Trop*, **37**, 97-106
- ANDERSEN PE, FRIIS KRISTENSEN V, HERMANSEN J (1989)** The use of treated straw for feeding dairy cattle in Scandinavia. *In* : "Evaluation of straws in ruminant feeding", CHENOST M, REINIGER P Eds, 86-97, Elsevier Applied Science, Londres
- ANTONIOU T, HADJIPANAYIOTOU M (1985)** The digestibility by sheep and goats of five roughages offered alone or with concentrates. *J Agric Sci*, **105**, 663-671
- AZIZ NN, MURRAY DM, BALL RO (1994)** The effect of live weight loss on body composition of Merinos wethers : chemical composition of the noncarcass organs and the empty body. *J Anim Sci*, **72**, 3098-3109
- BABAMANA MS (1992)** L'utilisation du fourrage pour l'alimentation des chèvres laitières. *Bull Anim Prod Afr*, **40**, 259-266
- BACON SD, CHESSON A, GORDON AH (1981)** Deacetylation and embranchement of digestibility. *Agric Environ*, **6**, 115-126
- BARNICOAT CR, LOGAN AG, GRANT AI (1949)** Milk-secretion studies with New-zealand romney ewe. Part I and II. *J Agric Sci*, **39**, 44-55
- BECKMANN E (1921)** Conversion of grain straw and lupin into feeds of high nutrient value. *Chem Abstr*, **16**, 765
- BENEVENT M (1971)** Croissance relative pondérale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Mérinos d'Arles. *Ann Biol anim Bioch Biophys*, **11**, 5-39
- BEN SALEM H, NEFZAOUI A (1993)** Upgrading of sorghum stover with anhydrous ammonia or urea treatments. *Anim Feed Sci Technol*. cité par NEFZAOUI (1994)

BENAHMED M, DULPHY JP (1985) Note sur la valeur azotée des fourrages pauvres traités par l'urée ou l'ammoniac. *Ann Zootech*, **34**, 335-346

BENHAMED H, DULPHY JP (1986) Influence du traitement des foin à l'ammoniac sur la valeur azotée appréciée par la méthode des bilans azotés. *Ann Zootech*, **35**, 387-400

BENYOUCEF MT, AYACHI A (1991) Mesure de la production laitière de brebis Hamra durant les phases d'allaitement et de traite. *Ann Zootech*, **40**, 1-7

BERGER Y (1979) Sélection et amélioration des ovins-caprins. Rapport annuel 1979, IDESSA/C.R.Z. de Minankro, Bouaké, Côte d'Ivoire

BERGER Y, GINISTI L (1980) Bilan de 4 années d'études de la race ovine Djallonké en Côte d'Ivoire. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, **33**, 71-78

BESLE JM, CHENOST M, TISSERAND JL, LEMOINE JP, FAURIE F, SALEH H, GRENET N (1990a) Ammoniation of straw by urea : extent of ureolysis and improvement of nutritive value with moderate water addition. *Reprod Nutr Dev*, **suppl 2**, 174s

BESLE JM, SIGNORET C, CHENOST M, AUFRERE J, JAMO TJ (1989) Prediction of the organic matter digestibility of ammoniated and untreated straw by densimetry : comparison with other predictor. *In* : "Evaluation of straw in ruminant feeding", CHENOST M, REINIGER P Eds, 134-143, Elsevier Applied Science, Londres

BESLE JM, ZWAENEPOEL P, CHENOST M, BEAULIEU G, TISSERAND JL, FAURIE F, GRENET N (1990b) Ammoniation of straw by urea : influence of addition of soybeans and/or melasses on characteristics of treatment. *Reprod Nutr Dev*, **suppl 2**, 175s

BIEN-AIME A (1979) Facteurs de variation de la digestibilité des pailles de céréales. Thèse Doctorat, USTL Montpellier, 235pp

BOCCARD R, DUMONT BL (1955) Etude de la production de la viande chez les ovins. I- La coupe des carcasses. Définition d'une découpe de référence. *Ann Zootech*, **3**, 241-257

BOCCARD R, DUMONT BL (1960) Etude de la production de la viande chez les ovins. II- Variation de l'importance relative des différentes régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Ann Zootech*, **9**, 356-363

BOCCARD R, DUPLAN JM (1961) Etude de la production de viande chez les ovins. III- Note sur l'influence de la vitesse de croissance sur la composition corporelle des agneaux. *Ann Zootech*, **10**, 31-38

BONKOUNGOU GFX (1994) Techniques d'alimentation d'ovins "Mossi", à base du concentré "Kibsa" : performances de croissance et bouchères. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 82pp

BORHAMI BEA, JOHNSON F (1981) Digestion and duodenal flow of ammonia-treated straw and sodium hydroxide treated straw supplemented with urea, soybean meal or viscera silage. *Acta Agric Scand*, **31**, 245-250

BORHAMI BEA, SUNDSTØL F (1982) Studies on ammonia-treated straw. In the effects of type and level of ammonia, moisture content and treatment time on the digestibility *in vitro* and enzyme soluble organic matter of oat straw. *Anim Feed Sci Technol*, **7**, 45-51

BOURZAT D (1979) Projet Petits ruminants. Rapport semestriel 1979, Ministère du développement rural, Ouagadougou, Burkina Faso

BOURZAT D, BONKOUNGOU E, RICHARD D, SANFO R (1987) Essai d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanienne : alimentation intensive de jeunes ovins dans le Nord du Yatenga. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, **40**, 151-156

BOURZAT D, WILSON RT (1989) Principaux aspects zootechniques de la reproduction des ruminants dans les systèmes agro-pastoraux du Yatenga (Burkina Faso). Etudes et synthèses de l'IEMVT, 31pp

BROWN WF (1988) Maturity and ammoniation effects on the feeding value of tropical grass hay *J Anim Sci*, **66**, 2224-2232

BROWN WF, PHILLIPS DJ, JONES DB (1987) Ammoniation or cane molasses supplementation of low quality forage. *J Anim Sci*, **64**, 1205-1214

BUETTNER MRV, LECHTENBERG VL, HENDRIX KS, HERTEL JM (1982) Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) hay. *J Anim Sci*, **54**, 173-178

BULDGEN A, DETIMMERMAN F, PIRAUX M, COMPERE R (1992) Les techniques d'embouche de moutons en région Soudano-sahélienne Sénégalaise. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, **45**, 321-328

BULLETTIN ANNUEL STATISTIQUE DE L'ELEVAGE (1993) Projet d'appui au secteur élevage. Ministère de l'agriculture et des ressources animales, Services des statistiques animales, 55pp

BURNIN DG (1987) cité par **DROUILLARD et al. (1991)**

BUTTERWORTH MH, BUTTERWORTH JP (1965) Some aspects of the utilization of forages. Pangola and coastal Bermuda hays. *J Agric Sci*, **65**, 389-395

CAMPLING RC (1966) A preliminary study of the effect of pregnancy and of lactation on the voluntary intake of food by cows. *Britist J Nutr*, **20**, 25-39

CANN IKO, KOBAYASHI Y, WAKITA M, HOSHINO S (1991) Digestion properties of ammoniated rice straw in the rumen and lower tract of sheep. *Anim Feed Sci Technol*, **35**, 55-68

CARON P (1989) Expérimentation en milieu paysan sahélien du traitement des cannes de sorgho par l'urée : résultats bromatologiques et zootechniques, implication pour la diffusion (Projet vétérinaire sans frontière). Thèse Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 156pp

CHARLES R (1993) L'eau et la production végétale. *Sécheresse*, **2**, 75-86

CHENOST M (1972) Observations préliminaires sur les variations saisonnières de la quantité d'aliment ingérée par les caprins en milieu tropical humide. *Ann Zootech*, **21**, 113-120

CHENOST M (1973) La valeur alimentaire de quatre graminées et d'une légumineuse tropicales et ses facteurs de variations. *Fourrages*, **54**, 87-108

CHENOST M (1975) La valeur alimentaire de Pangola (*Digitaria decumbens* stent.) et ses facteurs de variation, en zone tropicale humide. *Ann Zootech*, **24**, 327-349

CHENOST M (1987) Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des mauvais foin et des pailles par les ruminants. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 183-199, INRA Publication, Paris

CHENOST M (1989) Intérêt du traitement à l'ammoniac et d'une complémentation appropriée de pailles de blé (niveau et nature des compléments énergétiques et azotés) pour l'alimentation de génisses de race laitière de deux ans en croissance hivernale modérée. *Ann Zootech*, **38**, 29-47

CHENOST M (1994) Les facteurs de réussite du traitement des pailles à l'urée. *In* : "Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne", TISSERAND JL Ed, 47-60, ZARAGOZA : IAMZ, CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*)

CHENOST M, DULPHY JP (1987) Amélioration de la valeur alimentaire (composition chimique, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 199-230, INRA Publication, Paris

CHENOST M, KAYOULI C (sous presse) Valorisation des fourrages grossiers par les ruminants. Principes et techniques : Applications aux pays tropicaux. *FAO Technical Paper*

CHENOST M, ROYER V, CENTRES JM, GAILLARD F, DAVIS J (1993) Traitement des tiges de maïs à l'urée et utilisation pour la production laitière en région productrice de café et de banane en Tanzanie. *Rev Elev Med Vét Pays Trop*, **46**, 597-608

CHERMITI A, NEFZAOUI A, CORDESSE R (1989) Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée. *Ann Zootech*, **36**, 63-72

CHESSON A (1981) Effects of sodium hydroxide on cereal straw in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms. *J Sci Food Agric*, **32**, 745

CHESSON A, GORDON AH, LOMAX JA (1983) Substituent groups linked by alkali-labile bonds to arabinose and xylose residues of legume, grass and cereal straw cell walls and their fate during digestion by rumen microorganisms. *J Sci Food Agric*, **34**, 1330-1340

CHESSON A, STEWART CS, WALLACE RJ (1982) Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl Environ Microbiol*, **44**, 597-603

CHILLIARD Y (1986) Revue bibliographique : variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et dans le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1^{ème} partie : chez la ratte. *Reprod Nutr Dev*, **26**, 1057-1103

CHOMYSZYN M, ZIOLECKA A (1972) Utilization of ammoniated feeds in ruminant nutrition. *In* : "Tracer studies on non protein nitrogen for ruminants", IAEA-VIENNE, FAO, 153-161

CLOETE SWP, VILLIERS TT, KRISZINGER NM (1983) The effect of temperature on the ammoniation of wheat straw by urea. *S Afr Tydskr Veek*, **13**, 202-203

COCHRAN WG, COX GM (1957) Experimental designs, 2nd edition, JOHN WILEY and SONS, New York, 596pp

COLLUCCI PE, FALK D, MAC LEOD GK, GRIEVE DG (1992) *In situ* organic matter degradability of untreated and urea-treated varieties of spring barley and oat straws, and of untreated varieties of winter wheat straws. *Anim Feed Sci Technol*, **37**, 73-84

COMTAT J, BARNOUD F (1976) Propriétés et mode d'action des cellulases et des xylanases. *Physiol Vég*, **14**, 801-816

CONRAD HR, PRATT AD, HIBBS JW (1964) Regulation of feed intake in dairy cows. 1- Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J Dairy Sci*, **47**, 54-62

COOMBE JB, WARDROP ID, TRIBE DE (1960) Study of milk production of grazing ewe, with emphasis on the experimental technique employed. *J Agric Sci*, **54**, 353-359

CORDESSE R (1982) Amélioration de la valeur nutritive des pailles par les traitements chimiques. Thèse Docteur-Ingénieur, USTL, Montpellier, 99pp

CORDESSE R (1987) Technologie du traitement des pailles à l'ammoniac. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation.", DEMARQUILLY C Ed, 231-242, INRA Publication, Paris

CORDESSE R, TABA-TABAI M (1981a) Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac. I- Valeur nutritive, croissance et composition corporelle. *Ann Zootech*, **30**, 137-150

CORDESSE R, TABA-TABAI M (1981b) Alimentation d'agneaux à partir d'une paille traitée à l'ammoniac. II- Cinétique biochimique de la dégradation dans le rumen de la paille traitée. *Ann Zootech*, **30**, 299-312

CRUTZEN PJ, DELANY AC, GREENBERG J, HAAGENSON P, HEIDT L, LUEB R, POLLOCK W, SEILER W, WARTBURG ZIMMERMAN P (1985) Tropospheric chemical composition measurements in Brezil during the dry season. *J Atmospheric Chem*, **2**, 233-256

DEMARQUILLY C (1987) La fenaison : Evolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 23-46, INRA Publication, Paris

DEMARQUILLY C, ANDRIEU J (1987) Digestibilité et ingestibilité des fourrages verts chez le mouton : effets respectifs du niveau d'alimentation et de l'âge ou du poids des animaux. *Reprod Nutr Dev*, **27**, 281-282

DEMARQUILLY C, ANDRIEU J, WEISS Ph (1981) L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa prévision. *In* : "Prévision de la valeur nutritive des ruminants", DEMARQUILLY C Ed, 249-280, INRA Publication, Paris

DEREIX C, N'GUESSAN A (1976) Etude de l'action des feux de brousse sur la végétation. Les parcelles feux de Kokokendro. Résultats après quarante ans de traitement. Centre Technique Forestier de Côte d'Ivoire, Station de Bouaké

DIAS-DA-SILVA AA, GUEDES CVM (1990) Variability in the nutritive value of straw cultivars of wheat, rye and triticale and response to urea treatment. *Anim Feed Sci Technol* **20**, 79-89

DIAS-DA-SILVA AA, MASCARENHAS FERREIRA A, GUEDES CVM (1988) Effects of moisture level, treatment time and soja bean addition on the nutritive value of urea-treated maize stover. *Anim Feed Sci Technol*, **19**, 67-77

DIAS-DA-SILVA AA, SUNDSTØL F (1986) Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim Feed Sci Technol*, **14**, 67-79

DOLBERG F, FINLAYSON P (1995) Treated straw for beef production in China. *Wld Anim Rev*, **82**, 14-24

DOLBERG F, SAADULLAH M, HAQUE M, AHMED R (1981) Conservation des pailles traitées à l'urée. *Rev Mond Zootech*, **38**, 37-41

DROUILLARD JS, KLOPFENSTEIN TJ, BRITTON RA, BAUER ML, GRAMLICH SM, WESTER TJ, FERRELL CL (1991) Growth, body composition and visceral organ mass and metabolism in lambs during and after metabolizable protein or net energy restrictions. *J Anim Sci*, **69**, 3357-3375

DULPHY J, THIBAUT O (1987) Valorisation des pailles et des foin à l'ammoniac anhydre. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 489-491, INRA Publication, Paris

DULPHY JP (1979) Valeur alimentaire des pailles traitées ou non. *Bull Tech Inf*, **341-342**, 319-335

DULPHY JP, BOISSAU JM, LEBLANC F (1984) Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire de pailles distribuées à des génisses. *Bull Tech CRVZ Theix*, **55**, 25-32

DULPHY JP, BRETON J, LOUYOT JM, BIENAIME A (1983) Etude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude. III- Influence du niveau d'apport d'aliment concentré. *Ann Zootech*, **32**, 53-80

DULPHY JP, MICHALET-DOREAU B, DEMARQUILLY C (1984) Etude comparée des quantités ingérées et du comportement alimentaire et mérycique d'ovins et de bovins recevant des ensilages d'herbe réalisés selon différentes techniques. *Ann Zootech*, **33**, 291-320

DUMAS R, RAYMOND H (1975) L'élevage des petits ruminants dans les circonscriptions de Kaya, Ouahigouya et du Sahel. SEDES, Paris

ELLIOTT RC, TOPPS JH (1963) Voluntary intake of low protein diets by sheep. *Anim Prod*, **5**, 269-276

FALL TOURE S (1993) Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse Doctorat, ENSA-M, Montpellier, 139pp

FLACHOWSKY G, TIROKE K, SCHEIN G (1991) Botanical fractions of straw of 51 cereals varieties and *in sacco* degradability of various fractions. *Anim Feed Sci Technol*, **34**, 279-289

FOURNIER A (1990) Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris VI, 321pp

GARAMBOIS X (1985) Utilisation de l'urée comme conservateur de fourrage humide. Exemple d'une association sorgho-soja plantes entières (premiers résultats). *Fourrages*, **103**, 94-111

GENSTAT 5 COMMITTEE (1993) Genstat™ Release 3 Reference Manual, Clarendon Press, Oxford, 796pp

GHATE SR, BILANSKI WK (1979) Treating high-moisture alfalfa with urea. *American Society of Agricultural Engineers*, St Joseph, Michigan, **22**, 504-506

GIBB MJ, BAKER RD (1989) Performance and body composition of young steers given stack-ammoniated hay with or without a supplement or untreated hay with a supplement. *Anim Prod*, **48**, 341-351

GILLON D (1983) The fire in tropical savannas. *In* : "Ecosystems of the world 13 : tropical savannas", Bourlière, Elsevier Scientific Publication Company, Amsterdam

GINISTY L (1977) Amélioration de la productivité des petits ruminants. Rapport Annuel IDESSA/CRZ de Minankro Bouaké, Côte d'Ivoire, 47pp

GOMEZ CABRERA A, GUZMAN GUERRERA JL, GARRIDO A, GARRIDO VARO A, GUERRERO GINEL JE (1989) Dans : Nuevas Fuentes de Alimentos para la Produccion Animal. III DGIEA Ed, 319-335, Junta de Andalucía, Sevilla

GOMEZ CABRERA A, GUZMAN JL, GARRIDO A, GUERRERO JE (1994) Traitement des pailles à l'ammoniac en zones chaudes. *In* : "Les Pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéennes", TISSERAND JL Ed, 119-123, ZARAGOZA : IAMZ CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*)

GORDON AH, CHESSON A (1983) The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia-treated barley straw. *Anim Feed Sci Technol*, **8**, 147-153

GOTO I, MINSON DJ (1977) Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay. *Anim Feed Sci Technol*, **2**, 247-253

GREENHAALGH JFD, PIERIE R, REIDE GW (1976) Alkali-treated barley straw in complete diets for lambs and dairy cows. *Anim Prod*, **22**, 159

GRENET E, BARRY P (1990) Microbial in the rumen of wheat straw and anhydrous ammonia treated straw observed by electron microscopy. *Reprod Nutr Dev*, **30**, 533-540

GRENET N (1987) Valorisation des pailles traitées à l'ammoniac par des génisses et des vaches allaitantes. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 483-488, INRA Publication, Paris

GRIEVE CM, OSBOURN DF (1965) The nutritional value of some tropical grasses. *J Agric Sci*, **96**, 411-417

GROUZIS M (1988) Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM, Etudes et thèses, Paris, 336pp

GUERIN H, RICHARD D, FRIOT D, SALL C (1990) Amélioration de la performance des ruminants dans les pays en voie de développement avec référence spéciale aux aspects nutritionnels. 41ème Reunion Annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie 9 au 12 Juillet 1990 à Toulouse, p180-181

GUILLERMIN P (1984) Le traitement des pailles par les agents alcalins. Revue bibliographique : influence du traitement sur la structure physico-chimique et la digestibilité des pailles. Partie expérimentale : influence de la teneur en eau des pailles lors d'un traitement à l'ammoniac. Mémoire DAA, ENSA-M, Montpellier, 96pp

GUILLERMIN P, CORDESSE R, DULPHY JP (1988) Prévion de la digestibilité des pailles et des foins de graminées traités ou non à l'ammoniac à partir de mesure de laboratoire. *Ann Zootech*, **37**, 43-56

GUINKO S (1984) Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doctorat, Université de Bordeaux II, Bordeaux, 394pp

GUZMAN GUERRERO JL (1992) Influencia de distintos factores en el efecto obtenido por el tratamiento de paja de cereales en amoniaco. Thèse Doctorat, Université de Cordoba. cité par **GOMEZ CABRERA et al. (1994)**

HADJIPANAYITOU M (1982) The effect of ammonia using urea intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass Forage Sci*, **37**, 89-93

HAGGAR RJ, AHMED MB (1970) Seasonal production of *Andropogon gayanus*. II- Seasonal changes in digestibility and feed intake. *J Agric Sci*, **75**, 369-373

HARBERS LH, KREITNER GL, DAVID GV, RASMUSSEN MA, CORAH LR (1982) Ruminal digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. *J Anim Sci*, **54**, 1309-1319

HARTLEY RD, JONES EC (1978) Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the *in vitro* digestibility of barley straw. *J Sci Food Agric*, **29**, 92-98

HASSOUN P (1987) Amélioration de la valeur nutritive de la bagasse de canne à sucre par un traitement à l'ammoniac (généré par hydrolyse de l'urée) et son utilisation par les ruminants. Rôles de micro-organismes sur l'uréolyse. Thèse Doctorat, USTL, Montpellier, 225pp

HASSOUN P, GEOFFROY F, SAMINADIN G, PRIOR P, BERAMIS M (1990) Studies on the ammoniation of sugar-cane bagasse by urea. Effects of moisture, urea levels, urease source and treatment periods on composition, *in vitro* dry matter digestibility and evolution of ureolytic bacteria. *Anim Feed Sci Technol*, **29**, 113-129

HEBIE L (1989) Valorisation de la paille de sorgho par traitement à l'urée et complémentation par les sous-produits agro-industriels : mélasse, tourteau de karité et tourteau de coton. Mémoire de fin d'études ITDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 68pp

HORTON GMJ (1978) The intake and digestibility of ammoniated cereal straw by cattle. *Can J Anim Sci*, **58**, 471-478

HORTON GMJ (1981) Composition and digestibility of cell-wall components in cereal straw after treatment with anhydrous ammonia. *Can J Anim Sci*, **61**, 1059-1062

IFTIKHAR A (1991) Influence of treating corn stover and sorghum forage with different nitrogen sources on nutritive value for ruminants. Ph D, Virginia Polytechnic Institute and State University, Etats-Unis, 184pp

ILBOUDO PC (1991) Influence de la source et du niveau d'énergie sur la production laitière chez les chèvres du sahel Burkinabê et chez les brebis "Mossi". Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 109pp

ILMO ARONEN (1990) The effect of urea treatment and ammoniation on the nutritive value of oat straw. *Annales Agriculturae Fenniae*, **29**, 107-112

INRA (1978) Alimentation des ruminants, INRA Publications, Versailles, 597pp

JACKSON MG (1977) Review article : the alkali treatment of straw. *Anim Feed Sci Technol*, **2**, 105-130

JARRIGE R (1987) Place des fourrages dans l'alimentation des herbivore domestiques. *In* : "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", DEMARQUILLY C Ed, 13-20, INRA Publication, Paris

JAYASURIYA MCN, PEARCE GR (1983) The effect of urease enzyme on treatment time and the nutritive value of straw treated with ammonia as urea. *Anim Feed Sci Technol*, **8**, 271-281

JOUANY JP (1975) Etude des traitements permettant d'améliorer la valeur alimentaire des fourrages pauvres (pailles). *Bull Tech CRZV Theix*, **21**, 5-15

JOUANY JP, BROUDISCOU L, PRINS RA, KOMISARCZUK-BONY S (1995) Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. *In* : "Nutrition des ruminants domestiques", JARRIGE R, RUCKEBUSCH Y, DEMARQUILLY C, FARCE M-H, JOURNET M Eds, 349-381, INRA Publication, Paris

JOURNET M, REMOND B (1976) Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows : a review. *Livest Prod Sci*, **3**, 129-146

JUNG HG, FAHEY GC (1983) Nutritional implications of phenolic monomers and lignins : a review. *J Anim Sci*, **57**, 1294-1305

JUNG HJ G (1985) Inhibition of structural carbohydrate fermentation by forage phenolics. *J Sci Food Agric*, **36**, 74-80

KABBALI A, JOHNSON WL, JOHNSON DW, GOODRICH RD, ALLEN CE (1992a) Effect of compensatory growth on some body component weights and on carcass and non carcass composition of growing lambs. *J Anim Sci*, **70**, 2852-2858

KABBALI A, JOHNSON WL, JOHNSON DW, GOODRICH RD, ALLEN CE (1992b) Effect of under-nutrition and refeeding on weights of body parts and chemical components of growing Moroccan lambs. *J Anim Sci*, **70**, 2859-2865

KALKOUNDO G, NASSA S, HARDOUIN J, NIANOGO J (1994) Performances zootechniques et rentabilités de l'engraissement de moutons "Mossi" avec des compléments alimentaires locaux. *In* : "Rapport d'activité 1994 du programme Production Animale", INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 137pp

KELLNER et al., 1914 cités par **CORDESSE (1982)**

KERLEY MS, FAHEY GC, BERGER LL, GOULD JM, BAKER FL (1985) Alkaline hydrogen peroxide treatment unlocks energy in agricultural by-products. *Science*, 230-820

KERLEY MS, FAHEY GC, GOULD JM, IANNOTTI (1988) Effects of lignification, cellulose cristallinity and accessible space on the digestibility of plant carbohydrates by the ruminants. *Food Microscopy*, **7**, 59-65

KERNAN J, COXWORTH E, NICHOLSON N, CHEPELIN R (1977) Ammoniation of straw to improve its nutritional value as a feed for ruminal animals. *Agric Sci Bull Univ Saskatch Ewan Coll Agric*, Extension Public, 329pp

KERNAN JA, CROWLE WL, SPURR DT, COXWORTH EC (1979) Straw quality of cereals cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. *Can J Anim Sci*, **59**, 511-517

KETELAARS JJMH, TOLKAMP BJ (1992) Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 1- causes of differences in voluntary feed intake : critique of current views. *Livestock Production Science*, **30**, 269-296

KIANGI EMI, KATEGILE JA, SUNDSTØL F (1981) Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Anim Feed Sci Technol*, **6**, 377-386

KJOS NP, SUNDSTØL F, MAC BURNEY MI (1987) The nutritive value of whether damaged and good quality straw of barley, wheat and oat, untreated and treated with ammonia or sodium hydroxide. *Adv Anim Physiol Anim Nutr*, **57**, 1-15

KOMAR A (1982) Etude du traitement à l'ammoniac pour la valorisation des fourrages pauvres. Thèse Docteur-Ingénieur, USTL, Montpellier, 87pp

KONDOMBO S (1991) Influence du taux de concentré et du niveau d'offre sur la croissance et les performances bouchères du mouton Bali-bali. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou,

KRAIEM K, ABDOULI H, GOODRICH RD (1991) Comparison of effects of urea and ammonia treatments of wheat straw on intake, digestibility and performance of sheep. *Livest Prod Sci*, **29**, 311-321

KRAIEM K, ABDOULI H, MOUJEHED H (1992) Effet des traitements à l'ammoniac et à l'urée, de la complémentation et de la durée de stockage sur la valeur alimentaire des pailles. *Revue de l'INAT*, **6**, 37-50

LABUSSIÈRE J (1993) Physiologie de l'éjection du lait, conséquences sur la traite. *In* : "Biologie de la lactation", MARTINET LM, HOUDEBINE LM Eds, 259-294, INRA Publication, Paris

LATHAM MJ, HOBBS DG, HARRIS PJ (1979) Adhesion of rumen bacteria to alkali-treated plant stems. *Ann Rech Vet*, **10**, 244-245

LAU MM, VAN SOEST PJ (1981) Titrable groups and soluble phenolic compounds as indicators of the digestibility of chemically treated roughages. *Anim Feed Sci Technol*, **6**, 123-131

MACK E, VILLARS DS (1923) Synthesis of urea with the enzyme urease. Action of urease in the decomposition of urea. *J Am Chem Soc*, **45**, 501-510

MAHAPATRA B, PATNAIK B, MISHRA D (1977) The exocellular urease in rice roots. *Curr Sci*, **46**, 680-681

MAKKAR HJS SINGH B (1987) Kinetic of urea hydrolysis and binding of ammonia to wheat straw during ammoniation by urea. *J Dairy Sci*, **70**, 1313-1317

MARA (1993) cité par **BONKOUNGOU GFX (1994)**

MARTIN-ROSSET W, BOCCARD R, JUSSIAUX M, ROBELIN J, TRILLAUD-GEYL C (1983) Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles entre 12 et 30 mois chez le cheval de boucherie de différentes races lourdes. *Ann Zootech*, **32**, 153-174

MASON VC, COOK JE, DHANOA MS, KEENE AS, HOADLEY CJ, HARTLEY RD (1990) Chemical composition, digestibility *in vitro* and biodegradability of grass hays oven-treated with different amounts of ammonia. *Anim Feed Sci Technol*, **29**, 237-249

MASON VC, HARTLEY RD, KEENE AS, CORBY JM (1988) The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straws. 1- Changes in chemical composition in relation to digestibility *in vitro* and cell wall degradability. *Anim Feed Sci Technol*, **19**, 159-171

MASSON C, KIRILOV D, FAURIE F, TISSERAND JL (1989) Comparaison des activités alimentaires et méryciques d'ovins et de caprins recevant de la paille d'orge traitée ou non à la soude. *Ann Zootech*, **38**, 73-82

MICHALET-DOREAU B, GUEDES CVM (1989) Influence du traitement des fourrages à l'ammoniac sur leur dégradation azotée dans le rumen. *Ann Zootech*, **38**, 259-268

MICHALET-DOREAU B, VERITE R, CHAPOULOT P (1987) Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull Tech CRVZ Theix*, **69**, 5-7

Ministère de l'Agriculture et l'Elevage (MAE) (1990) Enquête sur les effectifs du cheptel. Ouagadougou, Burkina Faso, 32pp

MINSON DJ (1971) The digestibility and voluntary intake by sheep of six tropical grasses. *Aust J Exp Agric Anim Husb*, **12**, 21-27

MINSON DJ (1984) Digestibility and voluntary intake by sheep of five *Digitaria* species. *Aust J Exp Agric Anim Husb*, **24**, 494-500

MINSON DJ, MILFORD R (1968) The nutritional value of four tropical grasses when fed as chaff and pellets to sheep. *Aust J Exp Agric Anim Husb*, **8**, 270-276

MORRISON IM (1974) Structural investigations on the lignin carbohydrate complex of *Lolium perenne*. *Biochem J*, **139**, 197-204

MUÑOZ F, JOY M, ANDUEZA J, ALIBES X (1994) Evaluation of cereal straw treatments comparing anhydrous ammonia vs urea solution. *In* : "Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne", TISSERAND JL Ed, 27-36, ZARAGOZA : IAMZ CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*)

MUÑOZ F, JOY M, FACI R, ALIBES X (1991) Treatment of ligno-cellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of ureases. *Ann Zootech*, **40**, 215-225

MURPHY TA, LOERCH SC, MAC CLURE KE, SOLMON MB (1994) Effect of restriction feeding on growth performance and carcass composition of lambs. *J Anim Sci*, **72**, 3131-3137

NASSA S (1990) Influence du poids initial, de l'âge et de l'alimentation sur la croissance, les rendements carcasses, chez les agneaux Djallonké. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 91pp

NASSA S (1992) Influence du niveau énergétique de la ration sur les performances de croissance et bouchère des ovins "Mossi". Mémoire DESS/DEA, Université Paris XII, Paris, 40pp

NEFZAOUI A (1994) Adaptation de l'utilisation et du traitement des pailles aux conditions d'Afrique du Nord. *In* : "Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zone méditerranéenne", Ed TISSERAND JL, 61-78, ZARAGOZA : IAMZ CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*)

NIANOGO AJ (1992) Paramètres de production des ovins "Mossi" de Gampéla. *In* : "Proceedings of the 1st Conference of the Small Ruminant Network", 145-185, CIPEA, Addis-Abeba

NIANO GO AJ, AMOS HE, FROETSCH EL MA, KEERY CM (1991) Dietary fat, protein degradability and calving season : effects on nutrient use and performance of early lactation cows. *J Dairy Sci*, 74, 2243-2255

NIANO GO AJ, NASSA S (1992) Besoins énergétiques des ovins "Mossi" : Influence du niveau énergétique de la ration sur les performances de croissances et les performances bouchères des ovins "Mossi". *In* : "Rapport d'activités 1992 du programme Production Animale", B13, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso

NIANO GO AJ, NASSA S, SOMA L, SANON HO, BOUGOUMA V (1994) Performance des agneaux "Mossi" en alimentation extensive, semi-intensive et intensive. (sous presse)

NYARKO-BADOHU DK, KAYOULI C, BA AA, GASMI A (1994) Valorisation des pailles de céréales en alimentation des ovins dans le Nord de la Tunisie : traitement à l'urée et à l'ammoniac et complémentation par des blocs mélasse-urée. *In* : "Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéenne", TISSERAND JL Ed, 129-140, ZARAGOZA : IAMZ CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*) 129-142

OJEDA F, CACERES O, LUIS L, ESPERANCE M, SANTANA H (1989) Les ensilages de fourrages tropicaux. *In* : " Pâturage et alimentation des ruminants en zone tropicale humide", XANDE A, ALEXANDRE G Eds, 31-44, INRA Publication, Paris

OJI UI, MOWAT DN, SMITH JG (1979) Nutritive value of thermo ammoniated and steam treayed maize stover. II- Rumen metabolites and rate of passage. *Anim Feed Sci Technol*, 4, 187-197

OLSON HH, HINNERS SW, BERNETT RC (1963) *Ad libitum versus* restricted concentrate feeding of lactation dairy cows. *J Dairy Sci*, 110-113

ØRSKOV ER, Mc DONALD I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci*, 92, 499-503

OUEDRAOGO C (1990) Influence du traitement des pailles à l'urée sur la croissance et la digestibilité chez les petits ruminants. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 77pp

OUEDRAOGO Z (1990) Aptitudes de la chèvre du Sahel Burkinabê à la production laitière. Influence du rang de mise bas, de l'alimentation et de la saison. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 139pp

OUEDRAOGO Z (1992) Influence du taux de lipides de la ration et de la méthode de collecte sur le rendement et la composition du lait chez la chèvre du Sahel Burkinabê. Mémoire DEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 50pp

OUIBGA J (1985) Problèmes posés par l'alimentation des petits ruminants dans la province du Yatenga : L'enrichissement des pailles à l'urée. Synthèse des essais réalisés au projet FED Petits ruminants-Aviculture du Yatenga. Mémoire ITDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 68pp

OWEN JB (1957) A study of lactation and growth of hill sheep in their native environment and under lowland conditions. *J Agric Sci*, **48**, 388-412

PAPACHRISTOFOROU C (1990) The effects of milking method and post-milking suckling on ewe milk production and lamb growth. *Ann Zootech*, **39**, 1-8

PENNING DE VRIES FWT, DJITEYE MA (1982) La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas, 525pp

PERDOK HB, LENG RA (1987) Hyperexcitability in cattle fed ammoniated roughages. *Anim Feed Sci Technol*, **17**, 121-143

PETIT NM, SMITH RJ, FREEDMAN RB, BURN RG (1976) Soil urease : activity, stability and kinetic properties. *Soil Biol Biochem*, **8**, 479-484

PRESTON TR, LENG RA (1986) Matching livestock production systems to available resource. Pretesting Ed-ILCA, Addis-Abeba, 331pp

PROVOST A, CHARRAY J, COULOMB J, HAUMESSER JB, PLANCHENAULT D, PUGLIESE PL (1980) Les petits ruminants d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Synthèse des connaissances actuelles. IEMVT, Maisons Alfort, 204pp

RACHHPAL-SINGH, NYE PH (1984) The effect of soil pH and high urea concentrations on urease activity in soil. *J Soil Sci*, **35**, 519-527

RAMAN JV, KRISHNA N, PARTHASARTHY M, PRASAD JK (1990) Treating high-moisture alfalfa with urea. *American Society of Agricultural Engineers*, St Joseph, Michigan, **22**, 505-506

RAMIHONE B (1987) Facteurs limitants la fermentation dans le rumen des pailles de céréales (à petits grains) traitées à l'ammoniac anhydre. Thèse Doctorat, USTL, Montpellier, 80pp

RAMIHONE B, CHENOST M (1988) Effet de la nature du complément protéique sur la digestion dans le rumen d'une paille de blé traitée ou non à l'ammoniac. *Reprod Nutr Dev*, **28**, 91-92

REID GW, ORKSOVER, KAY M (1988) A note on the effect of variety, type of straw and ammonia treatment on digestibility and on growth rate in steers. *Anim Prod*, **47**, 157-160

RICORDEAU G, BOCCARD R, DENAMUR R (1960) Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. *Ann Zootech*, **9**, 97-119

RIDDER N, STROOSNIJDER L, CISSE AM (1982) La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas, 233pp

RIVIERE R (1975) Alimentation des petits ruminants en pays tropicaux. Compte rendu technique. Journées techniques "Production Animale" 09-15 au 19 1975. Maison Alfort : GERDAT-IEMVT, 169-175

RIVIERE R (1991) Manuel d'alimentation des petits ruminants domestiques en zone tropical. Collection Manuels et précis d'élevage, 529p

ROBERGE MR, KNOWLES R (1968) Factors affecting urease activity in black spruce humus sterilized by gamma radiations. *Can J Soil Sci*, **48**, 355-361

ROBERTSON JB, VAN SOEST PJ (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. *In* : "The analysis of dietary fiber", JAMES WPT, THEANDER O Eds, 123, Marcell Dekker, New York

ROKBANI N, NEFZAOUI A (1993) Traitement des pailles à l'ammoniac et à l'urée. 3- Effets du traitement à l'ammoniac et du hachage sur les performances de croissance des génisses. *Ann de l'INRAT*, **66**, 217-229

ROMPALA RE, HOAGLAND TA, MEISTER JA (1988) Effect of dietary bulk on organ mass, fasting heat production and metabolism of the small and large intestines in sheep. *Am Inst Nutr*, 1553-1557

RUSSEL EJF, DONEY JM, GUNN RG (1969) Subjective assessment of body fat in live sheep. *J Agric Sci Camb*, **72**, 451-454

SAHNOUNE S (1987) Traitement des pailles à l'ammoniac généré par l'urée : étude de la réaction d'uréolyse en milieu concentré et résultats à l'échelle de l'exploitation. Mémoire DEA, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 24pp

SAHNOUNE S (1990) Le traitement des pailles à l'ammoniac produit par l'hydrolyse de l'urée. Thèse Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 117pp

SANSOUCY R, GYS AARTS, PRESTON TR (1988) Molasse-urea blocks as a multinutrient supplement for ruminants. *FAO, Animal Production and Health*, **72**, 263-278

SAUVANT D (1981) Préviation de la valeur énergétique des aliments concentrés et composés pour les ruminants. *In* : "Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de préviation de la valeur alimentaire des fourrages". ANDRIEU J, DEMARQUILLY C, WEGAT-LITRE Eds, 237-257, INRA Publication, Paris

SAS USER'S GUIDE : STATISTICS (1982) SAS Inst Inc, Carry, NC, 40pp

SAWADOGO M (1991) Influence des niveaux énergétiques et azotés de la ration sur la consommation volontaire, la croissance et les rendements carcasse des agneaux "Mossi". Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 94pp

SCHIERE JB, NELL AJ, IBRAHIM MNM (1988) Alimentation des animaux avec de la paille de riz traitée à l'urée et à l'ammoniac. *Rev Mond Zootech*, **65**, 31-42

SCHNEIDER M, FLACHNOWSKY G (1990) Studies on ammonia treatment of wheat straw : effects of level of ammonia, moisture content, treatment time and temperature on straw composition and degradation in the rumen of sheep. *Anim Feed Sci Technol*, **29**, 251-264

SEBASTIAN I, CHILLIARD Y, JAIME C, PURROY A (1989) Variations du volume des adipocytes et de la note d'état corporel chez la brebis Rasa aragonesa pendant la lactation et après le tarissement. *Ann Zootech*, **38**, 83-90

SEILER W, CRUTZEN J (1980) Estimates of cross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climate Change*, **2**, 207-247

SOLAIMAN SG, HORN GW, OWEN FN (1979) Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *J Anim Sci*, **49**, 802-808

SOMA L (1992) Contribution à la connaissance des performances de croissance des ovins de race locale : essais d'intensification de la production des jeunes ovins. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 97pp

SOURABIE KM, KAYOULI C, DALIBARD C (1995) Le traitement des fourrages grossiers à l'urée : une technique très prometteuse au Niger. *Wld Anim rev*, **82**, 3-13

SPENCER RR, AKIM DE (1980) Rumen microbial degradation of potassium hydroxide treated coastal bermudograss leaf blades examined by electron microscopy. *J Anim Sci*, **51**, 1189

STILES DA, BARTLEY EE, MEYER RM, DEYOE PFOST HB (1970) Feed Processing. VII- Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (starea) on rumen metabolism in cattle and urea toxicity. *J Dairy Sci*, **53**, 1436-1447

SUBAGDJA D (1986) Composition chimique et valeur nutritive des différentes pailles traitées ou non traitées par l'ammoniac (revue bibliographique). Valorisation de la paille de riz par un traitement à l'ammoniac. Thèse Docteur-Ingenieur, USTL, Montpellier, 209pp

SUNDSTØL F, COXWORTH E, MOWAT DN (1978) Amélioration de la valeur nutritive de la paille par traitement à l'ammoiac. *Rev Mond Zootech*, **26**, 13-21

SUNDSTØL F, COXWORTH EM, (1984) Ammonia treatment. *In* : "Straw and other fibrous by products", SUNDSTØL F, OWEN E Eds, 196-240, Elsevier, Amsterdam

SUNDSTØL F, SAID AN, ARNASON J (1979) Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw. *Acta Agric Scand*, **29**, 179-190

SUSMEL P, MILLS CR, STEFANON B, SANDOVAL NEIRA JU (1994) Variability in straw composition : methodological considerations. *In* : "Les pailles dans l'alimentation des ruminants en zones méditerranéenne", TISSERAND JL Ed, 9-14, ZARAGOZA : IAMZ CIHEAM (série B : Etudes et Recherches n°6, *Options Méditerranéennes*)

TARKOW H, FEIST WC (1969) A mechanism for improving the digestibility of ligno-cellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia. *In* : "Cellulase and their applications", Adv Chem, Serie 95, 197-217

TOMAR JS, MAC KENZIE AF (1983) Effects of catechol and p-benzoquinone on the hydrolysis of urea and energy barriers of urease activity in soils. *Can J Soil Sci*, **64**, 51-60

UMBREIT WW, BURRIS RH, STAUFFER JF (1959) Manometric methods. *Burgess Publ*, 238-274

VAN SOEST PJ (1981) Limiting factors in plant residues of low biodegradability. *Agric Environ*, **6**, 135-143

VAN SOEST PJ, WINE RH (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV-Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Agric Chem*, **50**, 50-55

VERITE R, DEMARQUILLY C (1978) Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants. *In* : "La vache laitière", INRA Ed, 143-157, INRA Publication, Paris

VERITE R, SAUVANT D (1981) Prévision de la valeur nutritive azotée des aliments concentrés pour les ruminants. *In* : "Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages", ANDRIEU J, DEMARQUILLY C, WEGAT-LITRE E Eds, 279-296, INRA Publication, Paris

WAAGEPETERSEN J, VESTERGAARD-THOMSON K (1977) Effect of digestibility and nitrogen of barley straw of different ammonia treatments. *Anim Feed Sci Technol*, **2**, 131-142

WAISS AG, GUGGOLZ J, KOHLER GO, WALKER HG, GARRET WN (1972) Improving digestibility of straw for ruminant feed by aqueous ammonia. *J Anim Sci*, **35**, 109-112

WANG PY, BOLKER HI, PURVES CB (1964) Ammonolysis of uronic ester groups in birch xylan. *Can J Chem*, **42**, 2434

WHITELAW FG, MILNE JS, ØRSKOV ER, SMITH JS (1986) The nitrogen and energy metabolism of lactating cows given abomasal infusions of casein. *Br J Nutr*, **55**, 537-556

WILLIAMS PEV, INNES GM (1982) Effects of ammonia from urea hydrolysis on the dry matter loss from dracon bags of barley straw. *Anim Prod*, **34**, 385

WILLIAMS PEV, INNES GM, BREWER A (1984a) Ammonia treatment of straw *via* the hydrolysis of urea. II- Additions of soja bean (urease), sodium hydroxide and molasses, effects on the digestibility of urea-treated straw. *Anim Feed Sci Technol*, **11**, 115-124

WILLIAMS PEV, INNES GM, BREWER A (1984b) Ammonia treatment of straw *via* the hydrolysis of urea. I- Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. *Anim Feed Sci Technol*, **11**, 103-113

XANDE A (1978a) Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. I- Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation digestive d'une paille d'orge. *Ann Zootech*, **27**, 583-599

XANDE A (1978b) Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. II- Influence de de l'espèce de la variété et du séjour sur le sol avant ramassage sur la valeur alimentaire des pailles de céréales. *Ann Zootech*, **27**, 601-616

YADAV BPS, YADAV IS (1988) Incubation studies with strained rumen liquor of cattle for *in vitro* evaluation of ammoniated straw. *Indian J Anim Sci*, **58**, 398-402

YAMEOGO V (1990) Contribution à l'étude des pailles traitées à l'urée : identification des uréases. Mémoire DEA, USTL, Montpellier, 18pp

YAMEOGO V, CORDESSE R, INESTA M (1991) Influence de la dose d'ammoniac et de la durée de traitement de fanes de pois chiche (*Cicer arietinum* L) sur les modifications biochimiques et l'estimation de la digestibilité de la matière organique. *Ann Zootech*, **40**, 153-159

YAMEOGO-BOUGOUMA V, CORDESSE R, ARNAUD A, INESTA M (1993) Identification de l'origine des uréases impliquées dans le traitement de la paille de blé dur à l'urée et caractérisation de la flore microbienne présente. *Ann Zootech*, **42**, 39-47

YONI T (1989) Influence du taux de concentré sur la production laitière des brebis "Mossi" et la croissance des agneaux allaités. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 57pp

WARD GM, KELLEY DL (1969) Influence of roughage to concentrate ratios on *ad libitum* consumption by lactation cows. *J Dairy Sci*, **52**, 1017-1019

ZIMMELINK G, HAGGAR RJ, DAVIES JH (1972) A note on the voluntary intake of *Andropogon gayanus* hay by cattle, as affecting by level of feeding. *Anim Prod*, **15**, 85-88

ZOUNDI SJ (1994) Croissance compensatrice et production de viande ovine : analyse des possibilités en système d'exploitation mixte agriculteur-élevage sur le plateau central du Burkina. Thèse Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 120pp

ZOUNGRANA C (1994) Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et des ligneux des pâturages soudaniens et des sous-produits du Burkina Faso. Thèse d'Etat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 209 pp

ZOUNGRANA I (1991) Recherche sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse d'Etat, Université de Bordeaux III, Bordeaux, 277pp

ZOUNGRANA I, KABORE-ZOUNGRANA C 1992 Situation des ressources sylvo-pastorales au Burkina Faso. *Rev Res Amélior Prod Agri Milieu Aride*, **4**, 169-181

PUBLICATIONS ACCEPTEES A CE JOUR SUR LE SUJET

YAMEOGO V, CORDESSE R, INESTA M (1991) Influence de la dose d'ammoniac et de la durée de traitement de fanes de pois chiche (*Cicer arietum* L) sur les modifications biochimiques et l'estimation de la digestibilité de la matière organique. *Ann Zootech*, 40, 153-159.

YAMEOGO-BOUGOUMA V, CORDESSE R, ARNAUD A, INESTA M (1993) Identification de l'origine des uréases impliquées dans le traitement de la paille de blé dur à l'urée et caractérisation de la flore microbienne présente. *Ann Zootech*, 42, 39-47

RESUME

Ce travail s'inscrit dans le contexte d'optimisation du système d'élevage au Burkina Faso par la valorisation des fourrages naturels récoltés précocement ou tardivement puis traités à l'urée ou complémentés avec du concentré.

Dans un premier temps, nous avons réalisé en laboratoire l'étude du traitement de petits échantillons de quatre écotypes fourragers avec en parallèle la paille de riz. Les échantillons d'un poids moyen de 250 g ont été traités à 4, 6, 9 p.100 d'urée et, pour comparaison, à 4,5 p.100 d'ammoniac pendant 30 jours à la température ambiante de $33 \pm 5^\circ\text{C}$. Les variables azote total, azote soluble, NDF, ADF, ADL, Lau 1, Lau 2 et urée résiduelle ont été mesurées. Les échantillons traités à 9 p.100 d'urée et 40 p.100 d'humidité et ceux traités à 4,5 p.100 d'ammoniac ont fait l'objet d'une cinétique de dégradabilité *in situ* (2, 4, 8, 16, 24, 48, 96 heures). Les niveaux de fixation de l'azote sur les structures végétales obtenus avec les fourrages tropicaux de type C4 sont comparables à ceux obtenus avec des traitements à l'ammoniac de pailles des pays tempérés de type C3. Par contre, l'intensité de la désorganisation du complexe lignine-carbohydrate est moins importante. Le traitement à l'urée ou à l'ammoniac a amélioré significativement ($P < 0,0001$) la dégradabilité *in situ* des produits. Les conditions de traitements définies pour les traitements suivants ont été de 6 p.100 d'urée, 40 p.100 d'humidité et 30 jours de traitement.

Trois essais d'ingestibilité et de digestibilité *in vivo* ont été menés avec deux de ces fourrages, *Pennisetum pedicellatum* et *Schoenefeldia gracilis*, récoltés au stade épiaison et conservés sous forme de foin ou à l'état de paille. Ils ont été distribués en l'état ou après traitement, complémentés ou non avec du tourteau. Le traitement à l'urée améliore les quantités ingérées (de 41,1 à 67,2 g/kgP^{0,75} pour *Schoenefeldia gracilis*) et la digestibilité des différents nutriments, et élève la valeur nutritive du fourrage traité au niveau de celui de la récolte au stade épiaison. Pour *Schoenefeldia gracilis*, la récolte au stade épiaison montre une ingestibilité faible liée à la présence des inflorescences. Le traitement avec seulement 2 p.100 d'urée restaure l'ingestibilité au niveau de 52,5 g/kgP^{0,75} contre 34,7 au produit brut. La complémentation améliore la digestibilité et l'ingestibilité du fourrage récolté tardivement, soit respectivement 58,7 p.100 et 61,5 g/kgP^{0,75}.

Nous avons évalué dans deux essais les performances de lactation et de croissance-finition d'animaux Djallonké, variété "Mossi", alimentés à partir de *Pennisetum pedicellatum* récolté précocement ou récolté tardivement et traité, associés à un niveau de complémentation de 20, 25 ou 50 p.100.

La production laitière montre l'effet positif du traitement à l'urée. Les niveaux de la production brute, des protéines et des matières grasses totales du lait sont améliorés de façon significative pour les animaux recevant les fourrages traités par rapport à ceux recevant le régime non traité complémenté au même niveau isoazoté avec de l'urée.

L'essai de croissance-finition révèle des performances de GMQ de 57 à 89 g par jour avec des niveaux de complémentation de 25 à 50 p.100. Le niveau de complémentation et le type de fourrage ont influencé positivement l'état d'engraissement et le poids du cœur et des reins. Les performances entre les deux types de fourrages sont statistiquement identiques et ceci témoigne de la qualité du traitement.

Le bilan économique réalisé a permis de montrer qu'un faible niveau de complémentation (25 p.100) associé à un fourrage de moyenne qualité (*Pennisetum p.* précoce ou *Pennisetum p.* tardif traité) permettait de réussir l'engraissement dans des conditions économiques acceptables. Le producteur devra combiner ces propositions avec les impératifs de gestion de son système de production culture-élevage (objectifs de production, temps et moyens disponibles) et la rémunération du marché.

MOTS-CLEFS : Fourrages naturels tropicaux - urée - ammoniac - ruminants - ingestibilité - digestibilité - production laitière - embouche.