Annales des sciences Agronomiques du Bénin 12 (2) 117-145 ,2009 *ISSN 1659-5009*

CARACTERISTIQUES DE DEGRADABILITE *IN SACCO* ET VALEURS PROTEIQUES DES LEGUMINEUSES FOURRAGERES CULTIVEES AU BENIN

S. BABATOUNDE, M. R. B. HOUINATO**, S. S. TOLEBA*, T. LECOMTE***, C. C. ADANDEDJAN* & A. BULDGEN****

**Université d'Abomey-Calavi, FSA, Laboratoire de Zootechnie, 01 BP 526 Cotonou, Bénin – Email : babatoundesev@yahoo.fr*

***Université d'Abomey-Calavi, FSA, Laboratoire d'Ecologie Appliquée*

****Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (FUSAGx), Unité de Zootechnie, Passage des Déportés 2, B 5030, Gembloux, Belgique*

RESUME

Les caractéristiques de dégradabilité *in sacco* et les valeurs protéiques de 4 légumineuses fourragères cultivées (*Aeschynomene histrix, Stylosanthes fructicosa, Mucuna pruriens* var. *utilis, Cajanus cajan*) ont été étudiées suivant 3 stades de développement (végétatif, floraison, foin). Les fourrages verts ont été récoltés en milieu de croissance végétative et en pleine floraison et les foins de ces espèces en début floraison. Les récoltes ont permis d'obtenir 12 fourrages différents. Les teneurs en MAT sont significativement différentes entre espèces ($p < 0,05$) et celles-ci n'évoluent pas de façon significative au cours du développement. Les teneurs en lignine (ADL) et en extrait éthéré (EE) varient très significativement entre espèces ($p < 0,001$). Pour les 4 légumineuses, les foins se différencient des fourrages frais par des teneurs en constituants pariétaux légèrement plus élevées. En ce qui concerne les 3 composantes de la matière sèche (MO : matière organique, MAT : matières azotées totales, NDF : neutral detergent fiber), la fraction soluble (a) et la fraction dégradable (b) ne présentent pas de différences significatives entre espèces et stades de développement ($p > 0,05$). Pour la composante NDF, la solubilité (a) des fourrages diminue en passant du stade végétatif à la floraison. La vitesse de dégradabilité (c) est plus élevée au stade feuillu chez toutes les espèces. Elle n'apparaît significativement différente ($p < 0,05$) entre les stades de développement que pour la composante NDF. La dégradabilité théorique des MAT (DT_{MAT}) présente des différences significatives ($p < 0,05$) aussi bien pour les espèces que pour les stades de développement. La différence entre espèces est principalement liée à l'écart important entre *Cajanus cajan* et celle des autres légumineuses. La DT_{MAT} du *Cajanus cajan* est en moyenne de 11 points plus faible que celle des autres espèces. Chez les légumineuses étudiées, les valeurs protéiques digestibles dans l'intestin selon l'azote disponible (PDIN) sont supérieures aux valeurs PDIE (protéines digestibles dans l'intestin selon l'énergie disponible). Aucune de ces deux valeurs PDI n'est influencée significativement par le stade de développement ou l'espèce. *Aeschynomene histrix* a présenté le meilleur rapport entre PDIN et PDIE. *Mucuna pruriens* var. *utilis* avec ces valeurs PDI élevées serait le plus apte à corriger le déficit azoté des graminées fourragères tropicales.

Mots clés : Légumineuses, dégradabilité *in sacco* , valeurs protéiques, Bénin.

IN SACCO DEGRADABILITY CHARACTERISTICS AND PROTEIN VALUE OF LEGUMES CULTIVATED AS FODDER CROPS IN BENIN

ABSTRACT

Degradability characteristics and protein values of four legumes (*Aeschynomene histrix, Stylosanthes fructicosa, Mucuna pruriens* var. *utilis, Cajanus cajan*) cultivated as fodder crops were measured over three stages of development (vegetative, flowering, and hay). Green fodder crops have been harvested at their mid-vegetative growth and full flowering. The hays have been harvested at the beginning of their flowering. Harvests have allowed obtaining 12 different fodder crops. Crude protein (CP) of the forages differed significantly ($p < 0.05$) between species and did not show a significant difference across stage of development. Neutral detergent lignin (ADL) and ether extract (EE) were significantly different among species ($p < 0.001$). For all species, fibre contents were higher in hay than in fresh forages. Soluble fraction (a) and degradable fraction (b) did not differ significantly within species and stages of development. Soluble fraction decreased across stage of development for NDF. The rate of degradation (c) was the highest in vegetative stage for all species, but appear only significantly different among stages of development for NDF. Significant ($p < 0.5$) differences were found between species and development stages for proteins effective degradation (ED). Differences among species were attributed to *Cajanus cajan* ED values. Protein effective degradation was 11 points lower than other species. For the studied legumes, Proteins digestible in small intestine according to available nitrogen (PDIN in French unit system) were found to be higher than PDIE (protein digestible in small intestine according to available energy). None of the two parameters is influenced by the different stages of development or by the species. *Aeschynomene histrix* showed the best balance between PDIN and PDIE. *Mucuna pruriens* var. *utilis* with high values of PDI would be the most qualified to adjust nitrogen deficit in tropical grasses.

Keywords : Legumes, *in sacco* degradability, protein values, Benin.

INTRODUCTION

Au Bénin, l'effectif des cheptels a été estime à 724 000 ovins, 1 385 600 caprins, 1 762 600 bovins, 308 899 porcins et 13 000 000 têtes de volaille (DE, 2007). Les systèmes d'élevage sont majoritairement traditionnels et basés sur l'utilisation excessive des pâturages naturels (Sinsin & Heymans, 1988 ; Akpo & Grouzis, 2000). La fluctuation saisonnière de la quantité et de la qualité de ces pâturages est fonction de la distribution pluviométrique. En saison pluvieuse, il y a abondance d'herbes de bonne qualité mais cette dernière décline progressivement au fur et à mesure que la saison avance. La baisse de la qualité du fourrage est liée à la diminution du taux de protéines qui passe de 16 au début de la saison pluvieuse à 8 % en saison sèche (Babatounde *et al.*, 2008). Dans ces conditions, l'impératif de maintien de la productivité du cheptel ne peut être respecté que par l'intensification de la production herbacée, en

introduisant des plantes améliorantes dans les pâturages naturels ou en développant des cultures fourragères.

Afin d'améliorer l'alimentation des ruminants, des projets de recherche et des structures de développement rural au Bénin ont sélectionné et testé en milieu rural et en station des espèces de légumineuses fourragères adaptées aux conditions pédoclimatiques de la région. Globalement, ces fourrages cultivés répondent aux besoins suivants : augmentation de la production de fourrage, amélioration de la qualité du fourrage, constitution de réserves pour la saison de déficit fourrager, réhabilitation des sols et amélioration des jachères. Des travaux sur la valeur nutritive de ces fourrages ont été également réalisés (Babatoundé, 1999 ; Buldgen *et al.* 2001 ; Bindelle, 2001 ; Babatoundé *et al.*, 2003 ; Tolèba *et al.*, 2004 ; Babatounde *et al.*, 2009). En ce qui concerne la détermination des valeurs protéiques, le système des matières azotées digestibles (MAD) a été le plus utilisé sans doute à cause de sa simplicité, mais aussi parce qu'il fonctionne assez bien chez les animaux nourris correctement en matière organique fermentescible et en azoté dégradable dans le rumen (Jarrige, 1981). Toutefois, il est aussi important d'envisager la détermination des valeurs protéiques suivant le nouveau système d'évaluation (PDI : protéines digestibles dans l'intestin) pour permettre à l'avenir de rendre plus précis les calculs de rationnement et l'établissement de plans d'alimentation des animaux herbivores locaux. L'objectif fondamental de ce travail est d'étudier les caractéristiques de dégradabilité *in sacco* des légumineuses fourragères cultivées au Bénin et d'établir leurs valeurs PDI.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

La région décrite dans cette étude est le Département du Borgou (Parakou) au centre du Bénin. Véritable zone de transition entre le Nord et le Sud, cette région est caractérisée par un climat de type soudano-guinéen. Ce domaine climatique ne connaît qu'une seule saison des pluies, d'avril à octobre. Il héberge à lui seule 34 % de l'effectif ovin et, traditionnellement, l'élevage y est de type extensif. La pluviosité annuelle varie entre 1200 et 1400 mm. La température moyenne annuelle est de 28°C et les amplitudes thermiques sont importantes (18 et 36°C). Les sols sont de nature ferralitique de texture sableuse, sablo-argileuse ou limoneuse. Ils se caractérisent par de bo nes propriétés physiques, mais leurs qualités

chimiques et hydriques sont médiocres.

Légumineuses fourragères étudiées

Quatre (4) légumineuses fourragères ont été testées (*Aeschynomene histrix, Stylosanthes fructicosa, Mucuna pruriens* var. *utilis, Cajanus cajan*). *Stylosanthes fructicosa* est locale et les autres sont toutes exotiques. Les fourrages verts ont été récoltés en milieu de croissance végétative et en pleine floraison. Les foins de ces espèces ont été récoltés en début floraison. *Cajanus cajan* était récolté par coupes à 50 – 60 cm du sol afin d'éliminer les tiges trop ligneuses. Comme pour le *Mucuna pruriens* var. *utilis*, le reste des tiges épaisses était séparé. *Aeschynomene histrix* et *Stylosanthes fructicosa* ont été récoltés en plante entière, en prenant soin d'éliminer les racines. Les récoltes ont permis d'obtenir 12 fourrages différents pour les légumineuses fourragères étudiées

Détermination de la composition chimique

La matière sèche (MS), la matière organique (MO) et les matières azotées totales (MAT) ont été déterminées selon les méthodes officielles approuvées par AOAC (1990). Les constituants pariétaux en particulier neutral et acid detergent fiber (NDF, ADF), acid detergent lignin (ADL) ont été déterminés selon la méthode de Van Soest *et al.* (1991).

Rationnement des animaux

Au cours de cette étude, trois (3) béliers adultes de race Djallonké pesant en moyenne 30 kg ± 1,3 ont été utilisés. Ces animaux portaient des canules du rumen de 4 cm de diamètre, lavées tous les jours avec du Dettol à 5 %. Durant l'expérimentation, les béliers ont été logés en stabulation entravée et ont reçu une ration d'entretien à base de *Panicum maximum* var. C1 frais et de concentrés (graines de coton et épluchures de manioc) à raison de 50 g MS/kg PV distribuée en 2 repas espacés de 8 heures (8 h - 16 h). La composition centésimale de la ration est la suivante : 70 % de *Panicum maximum* var. C1 frais + 30 % de concentré. C'est à dire 35 g/kg PV *Panicum maximum* var. C1 frais ; 7,5 g MS/kg PV de graines de coton ; 7,5 g MS/kg PV d'épluchures de manioc par repas. Les graines de coton ont été distribuées le matin et les épluchures de manioc l'après midi. Les animaux disposaient de blocs à lécher à base de minéraux et recevaient de l'eau à volonté. Cette ration a été distribuée aussi bien en période pré - expérimentale qu'expérimentale.

procédure décrite par Dardenne (1995) afin d'en déterminer les teneur en MO et de ses constituants (MAT et NDF). Les échantillons de résidus ont été mesurés deux fois, puis regroupés par temps de cinétique (3 résidus correspondant chacun à un mouton, regroupés en un seul échantillon et mesuré à nouveau). Ceci a permis de réduire le nombre d'échantillon à 192. Suite à ce regroupement nous ne disposons donc qu'une seule observation par temps cinétique. Les résultats de l'analyse statistique comportent uniquement l'espèce et le stade de développement, sans interactions.

Calcul de la dégradabilité théorique (DT) et des valeurs PDI

Une fois la prédiction de la composition chimique de chaque échantillon de résidus réalisée, la dégradabilité théorique a pu être calculée pour la MO, les MAT et le NDF. Le modèle mathématique avec temps de latence utilisé pour estimer la dégradabilité ruminale des composants de la matière sèche est celui proposé par McDonald (1981) :

$$Y = a + b\,(1 - e^{-ct(1-Lat)}) \qquad t > Lat$$

Y est la dégradabilité ruminale au temps t, **a** : fraction solubilisée instantanément ; **b** : partie dégradable de la fraction insoluble ; **c** : vitesse de dégradation dans le rumen.

La dégradabilité théorique DT est déterminée par la formule suivante :

$$DT = a + [bc / (c + k)]\, e^{-(c+k)Lat}$$

K est le taux de vidange du rumen. Le temps de latence Lat est calculé de la manière suivante :

$$Lat = (1/c) \log [b / (b - a)]$$

Par la suite, les valeurs protéiques ont été calculées selon le système PDI (protéines digestibles dans l'intestin) établi par l'INRA (1988). Dans le cadre de cette étude basée sur des fourrages tropicaux, la dégradabilité *in sacco* des MAT a été calculée avec un taux de sortie des particules alimentaires du rumen de 4 % / heure au lieu des 6 % établis par l'INRA pour les fourrages tempérés.

$$PDIA = MAT \times 1{,}11\,(1 - DT) \times 1{,}0 \times dr$$

$$dr = 1 - (PANDI / (MAT\ non\ dégradables \times 1{,}11))$$

$$PANDI = MAND - 0{,}0289\ MOF - 0{,}0600\ MOND$$

$$PDIMN = MAT \times \{1 - 1{,}11\,(1 - DT)\} \times 0{,}9 \times 0{,}8 \times 0{,}8$$

$$PDIME = MOF \times 0{,}145 \times 0{,}8 \times 0{,}8$$

$$MOF = MOD - MAT\,(1 - DT) - MG$$

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

Où

MAND : matières azotées non digestibles dans le tube digestif = MATx (1–dMAT).
MAT : matières azotées totales (N x 6,25) ;
MG : matières grasses ;
MOND : matière organique non digestible dans le tube digestif = MO x (1 – dMO) ;
PANDI : protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin grêle ;
PDI : protéines digestibles dans l'intestin grêle ;
PDIA : quantité de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ;
1,11 : facteur correctif, passage de la DT *in sacco* à la DT *in vivo* ;
DT : dégrabilité *in sacco* des MAT dans le rumen calculée avec un taux de sortie des particules de 0,04 par heure ;
PDIMN : protéines microbiennes digestibles dans l'intestin calculées sur base des apports azotés
PDIME : protéines microbiennes digestibles dans l'intestin calculées sur base des apports énergétiques dégradables ;
MOD : matière organique digestible
MOF : matière organique fermentescible
Rendement : efficacité de la synthèse microbienne (145 g de MAT/kg de MOF)
PDIN : protéines digestibles dans l'intestin selon l'azote disponible
PDIE : protéines digestibles dans l'intestin selon l'énergie disponible

Analyses statistiques

La statistique descriptive en terme de pourcentage, de moyenne et d'écart-type a été utilisée pour les données d'analyses chimiques et les paramètres cinétiques de dégradabilité *in sacco* et les valeurs PDI. Par la suite, ces paramètres ont été soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification (espèce, stade de développement) en utilisant la procédure PROC GLM du logiciel SAS version 8.02 (SAS inc., NC, USA). Au terme de

l'analyse, les différences entre les moyennes ont été comparées par le test Student Newman et Keuls de Dagnelie (1986).

RESULTATS

Composition chimique des fourrages

Le Tableau 1 montre qu'au stade végétatif la teneur en MAT des légumineuses étudiées est comprise entre 13,7 et 19,6 % et le NDF varie entre 39,5 à 50,1 % par rapport à la MS. Au début de la floraison, les fourrages dosent entre 7,8 à 18,3 % de MAT et entre 42,8 à 62,7 % de NDF par rapport à la MS. Le NDF varie peu au cours du développement des plantes (47,6 et 51,2 % de MS). Nous n'avons qu'une seule observation par stade de développement pour la composition chimique. De ce fait, les analyses statistiques indiquées au tableau 1 ne prennent pas en compte les interactions entre les espèces et les stades de développement. Il existe une différence significative entre espèces de légumineuses étudiées en ce qui concerne les teneurs en MAT ($p < 0,05$) et celles-ci n'évoluent pas de façon significative au cours du développement. Ceci, excepté pour *Stylosanthes fructicosa* qui semble présenter un écart important entre le stade feuillu et la floraison pour ce constituant de la matière organique. Par ailleurs, les valeurs d'ADL et d'EE varient significativement entre espèces ($p < 0,05$). Pour les quatre légumineuses étudiées, les foins se différencient des fourrages frais par des teneurs en constituants pariétaux légèrement plus élevées. Par comparaison aux autres légumineuses, les foins de *Mucuna pruriens* var. *utilis* et surtout de *Cajanus cajan* présentent des teneurs en MAT élevées (> 15 % de MS).

Tableau 1. Teneur en MS (% MF) et composition chimique des légumineuses (en % MS) (n = 12)

Espèces	Stade	MS	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	EE
Aeschynomene histrix	Végétatif	23,0	92,9	15,3	31,3	47,8	34,8	7,9	3,3
	Floraison	47,0	93,7	11,8	29,5	46,1	32,2	7,5	3,9
	Foin	85,9	95,3	10,3	35,2	53,7	38,2	8,8	2,1
Moyenne		52,0^{A}	94,0^{A}	12,5^{AB}	32,0^{A}	49,2^{A}	35,1^{A}	8,0^{B}	3,1^{BC}
Ecart-type		25,9	1,2	2,6	2,9	4,0	3,0	0,7	0,9
Stylosanthes fructicosa	Végétatif	23,6	89,3	13,7	26,8	39,5	31,7	11,8	2,2
	Floraison	45,0	94,7	7,8	43,1	62,7	48,3	9,3	2,1
	Foin	73,6	92,2	11,8	34,4	51,3	39,5	9,5	2,2
Moyenne		47,4^{AB}	92,1^{A}	11,1^{B}	34,8^{A}	51,2^{A}	39,9^{A}	10,2^{B}	2,2^{C}
Ecart-type		15,9	2,7	3,0	8,2	11,6	8,3	1,4	0,1
Mucuna pruriens var. *utilis*	Végétatif	19,0	93,6	17,0	33,2	50,1	35,4	7,7	3,6
	Floraison	30,7	94,4	18,3	25,0	42,8	28,4	6,6	4,0
	Foin	71,5	94,1	17,7	33,1	49,9	38,2	9,5	3,3
Moyenne		40,4^{C}	94,0^{A}	17,7^{A}	30,4^{A}	47,6^{A}	34,0^{A}	7,9^{B}	3,6^{B}
Ecart-type		27,6	0,4	0,6	4,7	4,2	5,0	1,5	0,3
Cajanus cajan	Végétatif	23,9	94,5	19,6	31,0	50,0	36,1	14,2	7,4
	Floraison	39,4	95,2	14,1	27,0	46,7	32,1	13,1	8,2
	Foin	74,9	95,4	20,3	31,5	52,4	32,8	12,3	5,8
Moyenne		46,1^{AB}	95,0^{A}	18,0^{A}	29,8^{A}	49,7^{A}	33,6^{A}	13,2^{A}	7,1^{A}
Ecart-type		26,1	0,5	3,4	2,5	2,9	2,1	1,0	1,2

A, B, C : les moyennes indicées différemment pour les espèces dans une même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Paramètres cinétiques et dégradabilité théorique (DT) in sacco

Les paramètres cinétiques de dégradabilité *in sacco* des légumineuses étudiées sont consignés dans les Tableaux 2, 3, 4 respectivement pour la MO, les MAT et le NDF. La fraction solubilisée instantanément (a) oscille entre 16,8 – 39,2 % ; 14,9 – 47,8 % ; 1,9 – 24,6 % respectivement pour les trois composantes de la matière sèche (MO, MAT, NDF). Pour la composante NDF, la solubilité des fourrages (a) diminue en passant du stade végétatif à la floraison. Mais cette évolution n'est pas significative. La partie dégradable de la fraction insoluble (b) varie de 27,9 à 43,7 % ; 35,4 à 70,1 % ; 1,9 à 24,6 respectivement pour la MO, les MAT et le NDF. Les paramètres (a) et (b) ne présentent pas de différences significatives entre espèces et stades de développement pour ces trois composantes. Le paramètre (c) qui caractérise la vitesse de dégradabilité varie entre 5,1 et 19,5 %. La dégradabilité de la MO diffère significativement ($p < 0,05$) pour les stades de développement. *Mucuna pruriens* var. *utilis* présente la vitesse de dégradabilité la plus élevée pour la fraction MO (Tableau 2) et le paramètre (c) est plus élevé au stade feuillu chez toutes les espèces. La dégradabilité des MAT indique également une différence significative entre stade de développement ($p < 0,05$). Quelle que soit la fraction de la matière sèche considérée, le paramètre (c) est en moyenne élevé chez ces légumineuses. Toutefois, cette vitesse de dégradation importante pour chacune des trois composantes de la MS ne conduit pas nécessairement à l'obtention des taux élevés de la fraction potentiellement dégradable (a + b) dans le rumen. Par exemple, la constante (c) de ces légumineuses pour la fraction NDF est en moyenne de 9,0 % par heure et n'induit qu'une dégradabilité potentielle de 55,3 %. Elle n'apparaît significativement différente entre les stades de développement ($p < 0,05$) que pour la composante NDF.

La dégradabilité théorique des MAT (DT_{MAT}) chez ces légumineuses a varié entre 56,3 – 81,8 % et présente des différences significatives ($p < 0,05$) aussi bien pour les espèces que pour les stades de développement. La différence entre espèces est principalement liée à l'écart important entre *Cajanus cajan* et celle des autres légumineuses. Chez *Cajanus cajan*, la DT_{MAT} est en moyenne de 11 points plus faible que celle des autres espèces. L'observation de l'évolution de la DT_{MAT} entre stades de développement fait apparaître une diminution importante en partant du stade feuillu à la floraison chez *Stylosanthes fructicosa*, *Aeschynomene histrix*, *Cajanus*

cajan (respectivement 17, 12, et 9 points). La dégradabilité théorique du NDF (DT_{NDF}) présente également des différences significatives pour les deux sources de variation pré citées ($p < 0,05$). En ce qui concerne les espèces, la plus faible valeur de DT_{NDF} a été enregistrée pour *Stylosanthes fructicosa*.

Tableau 2. Paramètres cinétiques et dégradabilité théorique (DT) *in sacco* de la MO des légumineuses fourragères cultivées (n = 12)

Espèce	Stade	a (%)	b (%)	c (%/h)	a + b (%)	Lat (h)	DT (%)
	Végétatif	36,2	38,6	7,7	74,7	0,0	61,6
Aeschynomene histrix	Floraison	32,7	37,9	6,5	70,6	1,9	54,4
histrix	Foin	32,0	35,5	6,6	67,5	1,3	52,9
Moyenne		**33,6^{A}**	**37,3^{A}**	**6,9^{C}**	**70,9^{A}**	**1,1^{A}**	**56,3^{A}**
Ecart-type		**2,3**	**1,6**	**0,7**	**3,6**	**1,0**	**4,7**
	Végétatif	36,2	41,1	8,2	77,3	3,3	60,4
Stylosanthes fructicosa	Floraison	16,8	43,7	7,4	60,5	2,0	43,0
fructicosa	Foin	32,3	35,9	5,1	68,2	4,0	49,5
Moyenne		**28,4^{A}**	**40,2^{A}**	**6,9^{C}**	**68,7^{A}**	**3,1^{A}**	**51,0^{A}**
Ecart-type		**10,3**	**4,0**	**1,6**	**8,4**	**1,0**	**8,8**
	Végétatif	33,9	41,8	12,9	75,7	3,8	61,3
Mucuna	Floraison	39,2	32,3	11,5	71,6	3,1	60,4
pruriens	Foin	28,8	40,6	6,5	69,3	3,8	50,3
Moyenne		**34,0^{A}**	**38,2^{A}**	**10,3^{A}**	**72,2^{A}**	**3,6^{A}**	**57,3^{A}**
Ecart-type		**5,2**	**5,2**	**3,4**	**3,2**	**0,4**	**6,1**
	Végétatif	34,8	38,7	11,1	73,5	3,7	59,3
Cajanus	Floraison	36,3	27,9	7,9	64,2	3,5	52,4
cajan	Foin	28,8	34,9	7,8	63,7	1,9	50,2
Moyenne		**33,3^{A}**	**33,8^{A}**	**8,9^{B}**	**67,1^{A}**	**3,0^{A}**	**54,0^{A}**
Ecart-type		**4,0**	**5,5**	**1,9**	**5,5**	**1,0**	**4,7**
Source de variation	*ddl*						
Espèce	3	0,644	0,640	**0,025**	0,788	0,084	0,369
Stade	2	0,566	0,490	**0,019**	0,087	0,876	**0,046**

a : fraction solubilisée instantanément ; b : partie dégradable de la fraction insoluble ; c : vitesse de dégradation ; a + b : fraction potentiellement dégradable dans le rumen ; Lat : latence ; DT : dégradabilité théorique, *ddl* : degré de liberté. A, B, C : les moyennes indicées différemment pour les espèces dans une même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 3. Paramètres cinétiques et dégradabilité théorique (DT) *in sacco* des MAT des légumineuses fourragères cultivées

(n = 12)

Espèce	Stade	a (%)	b (%)	c (%/h)	a + b (%)	Lat (h)	DT (%)
	Végétatif	45.5	47.1	19.5	92.6	1.9	81.8
Aeschynomene	Floraison	35.3	53.9	12.2	89.2	4.2	69.6
histrix	Foin	14.9	70.1	12.8	85.0	1.9	64.3
Moyenne		**31.9^{A}**	**57.0^{A}**	**14.8^{A}**	**88.9^{A}**	**2.7^{A}**	**71.9^{A}**
Ecart-type		**15.6**	**11.8**	**4.1**	**3.8**	**1.3**	**9.0**
	Végétatif	47.8	44.2	12.9	92.0	2.6	78.2
Stylosanthes	Floraison	34.8	42.2	16.9	77.0	6.3	61.3
fructicosa	Foin	45.7	41.1	6.9	86.9	1.4	70.3
Moyenne		**42.8^{A}**	**42.5^{A}**	**12.2^{A}**	**85.3^{A}**	**3.4^{A}**	**69.9^{A}**
Ecart-type		**7.0**	**1.6**	**5.0**	**7.6**	**2.6**	**8.5**
	Végétatif	45.3	43.0	12.5	88.2	3.7	73.4
Mucuna	Floraison	42.8	44.6	12.8	87.4	5.8	69.7
utilis	Foin	47.4	38.1	7.6	85.6	4.0	68.7
Moyenne		**45.2^{A}**	**41.9^{A}**	**11.0^{A}**	**87.1^{A}**	**4.5^{A}**	**70.6^{A}**
Ecart-type		**2.3**	**3.4**	**2.9**	**1.3**	**1.1**	**2.5**
	Végétatif	27.8	60.3	13.5	88.1	5.6	65.0
Cajanus	Floraison	37.2	35.4	8.6	72.6	6.0	56.3
cajan	Foin	24.5	61.6	6.2	86.1	1.8	59.4
Moyenne		**29.8^{A}**	**52.4^{A}**	**9.4^{A}**	**82.3^{A}**	**4.5^{A}**	**60.2^{B}**
Ecart-type		**6.6**	**14.8**	**3.7**	**8.4**	**2.3**	**4.4**
Source de variation	*ddl*						
Espèce	3	0.293	0.346	0.398	0.822	0.414	**0.045**
Stade	2	0.407	0.879	**0.043**	0.420	0.071	**0.024**

a : fraction solubilisée instantanément ; b : partie dégradable de la fraction insoluble ; c : vitesse de dégradation ; a + b : fraction potentiellement dégradable dans le rumen ; Lat : latence ; DT : dégradabilité théorique, *ddl* : degré de liberté. A, B, C : les moyennes indicées différemment pour les espèces dans une même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau 4. Paramètres cinétiques et dégradabilité théorique (DT) *in sacco* du NDF des légumineuses fourragères cultivées (n = 12)

Espèce	Stade	a (%)	b (%)	c (%/h)	a + b (%)	Lat (h)	DT (%)
	Végétatif	11.6	50.3	5.2	61.9	0.0	40.1
Aeschynomene	Floraison	7.6	42.6	4.9	50.2	1.8	29.4
histrix	Foin	17.1	33.5	3.9	50.6	3.4	31.5
Moyenne		**12.1^{AB}**	**42.1^{A}**	**4.7^{A}**	**54.2^{A}**	**1.7^{A}**	**33.7^{AB}**
Ecart-type		**4.8**	**8.4**	**0.7**	**6.6**	**1.7**	**5.7**
	Végétatif	9.4	53.2	5.3	62.6	5.6	33.6
Stylosanthes	Floraison	1.9	48.4	4.5	50.3	1.4	26.3
fructicosa	Foin	7.3	47.6	4.1	54.8	5.6	26.4
Moyenne		**6.2^{A}**	**49.7^{A}**	**4.6^{A}**	**55.9^{A}**	**4.2^{A}**	**28.8^{B}**
Ecart-type		**3.9**	**3.0**	**0.6**	**6.2**	**2.4**	**4.2**
	Végétatif	21.5	44.8	13.9	66.3	3.5	51.7
Mucuna	Floraison	14.2	38.5	9.0	52.7	1.7	39.1
pruriens	Foin	9.5	45.6	5.7	55.0	3.8	32.4
Moyenne		**15.1^{AB}**	**43.0^{A}**	**9.5^{A}**	**58.0^{A}**	**3.0^{A}**	**41.1^{A}**
Ecart-type		**6.0**	**3.9**	**4.1**	**7.3**	**1.1**	**9.8**
	Végétatif	24.6	38.2	7.5	62.8	1.8	47.8
Cajanus	Floraison	14.5	35.8	6.4	50.2	2.5	34.3
cajanus	Foin	20.3	26.2	3.7	46.5	7.6	37.7
Moyenne		**19.8^{A}**	**33.4^{A}**	**5.9^{A}**	**53.2^{A}**	**4.0^{A}**	**39.9^{A}**
Ecart-type		**5.1**	**6.3**	**2.0**	**8.5**	**3.2**	**7.0**
Source de variation	*ddl*						
Espèce	3	0.067	0.107	0.472	0.793	0.516	**0.034**
Stade	2	0.495	0.215	0.828	**0.041**	0.185	**0.018**

a : fraction solubilisée instantanément ; b : partie dégradable de la fraction insoluble ; c : vitesse de dégradation ; a + b : fraction potentiellement dégradable dans le rumen ; Lat : latence ; DT : dégradabilité théorique, *ddl* : degré de liberté. A, B, C : les moyennes indicées différemment pour les espèces dans une même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$)

La matière organique fermentescible (MOF) et les valeurs protéines microbiennes digestibles dans l'intestin calculées sur base des apports azotés ($PDIM_N$) et des apports énergétiques dégradables ($PDIM_E$) sont consignées dans le Tableau 5. Les espèces de légumineuses étudiées sont déficitaires en $PDIM_E$. *Cajanus cajan* diffère significativement ($p < 0,05$) des autres légumineuses sur le plan de l'azote disponible pour la synthèse des protéines microbiennes. On constate que le déficit est élevé (20 et 22 g $PDIM_E$/kg MS, respectivement chez *Mucuna pruriens* var. *utilis* et *Cajanus cajan*) pour les légumineuses dont les évaluations phytochimiques ont révélé des taux importants en composés phénoliques. Il est surprenant de constater que *Stylosanthes fructicosa* présente un écart inverse pour les valeurs PDI. La capacité de protéosynthèse microbienne est insuffisante chez cette légumineuse, soit de - 8 g $PDIM_N$ /kg de MS.

Tableau 5. Matière organique fermentescible (MOF, g/kg MS), $PDIM_N$ et $PDIM_E$ (g/kg MS) des légumineuses fourragères cultivées (n = 12)

Espèces	MOF	$PDIM_N$	$PDIM_E$	$PDIM_N - PDIM_E$
Aeschynomene histrix	506^A	51^A	47^A	4^{AB}
Stylosanthes fructicosa	555^A	44^A	52^A	-8^B
Mucuna pruriens var. *utilis*	527^A	69^A	49^A	20^A
Cajanus cajan	393^B	58^A	37^B	22^A

MOF : matière organique fermentescible.
PDIMN : protéines microbiennes digestibles dans l'intestin calculées sur base des apports azotés.
PDIME : protéines microbiennes digestibles dans l'intestin calculées sur base des apports énergétiques.
A, B : les moyennes indicées différemment pour les espèces dans une même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Remarquons que la valeur PDIN chez les espèces étudiées est supérieure à la valeur PDIE , ce qui signifie que c'est l'énergie qui est l'élément limitant par rapport à l'azote (Tableau 6). Le déficit évolue de 4 à 47 g par kg de MS. *Stylosanthes fructicosa* au stade floraison et *Aeschynomene histrix* pour le foin présentent des valeurs PDIE supérieures aux valeurs PDIN. *Mucuna pruriens* var. *utilis* présente les valeurs PDI les plus élevées et ces paramètres varient peu au cours du développement de la plante. *Aeschynomene histrix* et *Mucuna pruriens* var. *utilis* présentent des valeurs PDIE plus ou moins stables au cours de leur développement. Aucune de ces deux valeurs PDI n'est influencée significativement par le stade de développement ou l'espèce.

Tableau 6. Teneurs azotées exprimées en PDI (g/kg MS) des légumineuses fourragères cultivées

Espèces	Stade	PDIA	PDIN	PDIE
Aeschynomene	Végétatif	32	116	84
histrix	Floraison	43	96	87
	Foin	40	79	83
Moyenne		**38**	**97**	**85**
Ecart-type		**6**	**19**	**2**
Stylosanthes	Végétatif	35	102	89
fructicosa	Floraison	42	73	92
	Foin	53	118	101
Moyenne		**43**	**98**	**94**
Ecart-type		**9**	**23**	**6**
Mucuna	Végétatif	43	136	94
pruriens var. *utilis*	Floraison	39	111	89
	Foin	43	132	85
Moyenne		**42**	**126**	**89**
Ecart-type		**41**	**123**	**88**
Cajanus	Végétatif	43	110	80
cajan	Floraison	32	74	70
	Foin	61	129	96
Moyenne		**45**	**104**	**82**
Ecart-type		**15**	**28**	**13**
Source de variation	*ddl*			
Espèce	3	0.6890	0.2190	0.3500
Stade	2	0.1620	0.1090	0.5090

PDIA : quantité de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
PDIN : quantité de protéines digestibles dans l'intestin selon les apports azotés
PDIE : quantité de protéines dans l'intestin selon les apports énergétiques
ddl : degré de liberté

DISCUSSION

Composition chimique

La population microbienne du rumen requiert une quantité d'ammoniaque minimum pour exercer son activité optimale (70 mg/l). Des teneurs plus faibles sont associées à une baisse de l'activité microbienne et est indicative d'une déficience en azote. Les aliments contenant moins de 1,3 % d'azote (8 % de protéine brute) sont considérés comme déficients car ils ne peuvent fournir la quantité d'ammoniaque minimum nécessaire (Norton, 1994). A part *Stylosanthes fructicosa* au stade floraison, tous les fourrages étudiés ont une teneur en MAT supérieure à 8 % et seraient donc suffisamment riche en azote. Il faut cependant s'assurer que la quantité d'azote disponible dans les feuilles du fourrage sera effectivement utilisable par les micro-organismes. Les tannins présents dans beaucoup de légumineuses tendent à diminuer la dégradabilité ruminale des protéines, en baissant ainsi la production d'ammoniaque et augmentant la quantité de protéines alimentaires dans l'intestin. D'après Minson (1982), la teneur moyenne en MAT des légumineuses tropicales est de 17,2 % MS. *Cajanus cajan* est ici le fourrage le plus riche en azote. Sa teneur moyenne en MAT de 18 % de MS correspond aux résultats de Le Houreou (1980) et Bindelle (2001). C'est également la plante la plus riche en lignine (ADL) avec 13,2 % MS. Selon Jarrige (1963), la lignine représente 10 à 15 % de la MS des parois ; or chez *Cajanus cajan* près de 27 % d'NDF est constitué de lignine, contre 17 % en moyenne pour les trois autres espèces. Il apparaît par ailleurs et ce contrairement aux graminées, que la teneur en lignine des légumineuses ne varie quasiment pas durant le développement. D'après Jarrige *et al.* (1995), il existe cependant des différences de composition et de structure connues depuis longtemps entre les lignines des graminées et des légumineuses. Les lignines de légumineuses ne sont pas plus condensées que celles des graminées ; en revanche leur moindre teneur en hydroxyles phénoliques libres expliquerait leur résistance aux solutions alcalines comme le KOH utilisé lors du dosage de la cellulose brute (Armstrong *et al.*, 1950). Outre la lignine et les protéines, *Cajanus cajan* est aussi l'espèce la plus riche en matière grasse. La teneur en lipides de cette plante est largement supérieure à celle des autres espèces (71,3 vs 29,6 g/kg MS). Notons toutefois que les résultats obtenus correspondent assez bien avec les informations de composition chimique existant dans la littérature (Skerman & Riveros, 1988 ; Minson, 1990).

Dégradabilité ruminale et valeurs PDI des légumineuses fourragères étudiées

Le temps de latence (Lat) traduit le délai nécessaire pour atteindre un niveau de colonisation suffisant des tissus pariétaux par les micro-organismes. L'augmentation de ces délais pour le NDF signifie un retard dans l'adhésion des micro-organismes aux tissus pariétaux. En ce qui concerne les paramètres cinétiques, les valeurs extrêmes obtenues pour la solubilité (a) des composantes de la MS (MO, MAT) et la vitesse de dégradabilité (c) élevée sont en conformité avec d'autres travaux (Mgheni *et al.*, 1993; Mupangwa *et al.*, 2003 ; Ayala-Burgos *et al.*, 2003 ; Ahmed et El-Hag, 2004). En milieu semi- aride du Brésil, la vitesse de dégradabilité de certaines légumineuses comme *Mimosa caesalpinifolia* peut passer à 60 % (Guimar˜aes-Beelen *et al.*, 2006) ce qui est largement supérieure aux valeurs obtenues dans le cadre de cette étude. Ce résultat est probablement lié aux conditions pédoclimatiques différents entre le Bénin et le milieu d'étude des auteurs pré cités.

Les espèces étudiées présentent une large variation des caractéristiques de dégradabilité *in sacco* qui, en réalité, sont en rapport avec leur composition chimique. La fraction (a) est négativement corrélée aux constituants pariétaux (r = - 0,88 ; - 0,87 ; - 0,86, respectivement pour CB, NDF et ADF). La fraction (a) est assez importante et représente 59 % de la dégradabilité théorique de la MO. Il est possible que la capacité d'utilisation des composantes de la matière organique fermentescible par les micro-organimes du rumen soit submergée par une fraction soluble (a) trop importante au cours de la première phase de dégradabilité.

Une autre explication à cette observation peut être liée au fait que les fourrages ont été séchés à une température de 60 °C avant leur incubation dans les sachets. A des températures de l'ordre de 40 à 60 °C, certains auteurs, dont Goering et Van Soest (1970), estiment que les réactions entre les hydrates de carbones solubles (hémicellulose, sucre) et les fractions solubles des protéines (réactions de Maillard) sont susceptibles de démarrer. Cela peut se vérifier dans les teneurs en azote liées à la fraction NDF de Van Soest (N-NDF). L'estimation de l'N-NDF à partir des teneurs en NDF et en azote total pour différentes catégories de ressources fourragères (d'après les équations de régression proposées par Bindelle *et al.* 2005) permet d'observer une augmentation de la fraction azotée intimement liée aux fibres NDF au cours du développement (61,3 et 67,1 % respectivement au stade végétatif et floraison). Inversement, les matières azotées deviennent moins accessibles au cours de l'évolution des plantes. Cela se confirme puisque les DT_{MAT} des légumineuses (voir Tableau 3) sont significativement ($P < 0,05$) en régression au cours du vieillissement des plantes. Par ailleurs, la DT_{MAT} est légèrement supérieure avec les foins comparé aux fourrages verts au stade floraison (65,7 *versus* 64,2 %). Etant donné que les foins ont aussi été récoltés au stade floraison, cette différence de valeur de dégradabilité pourrait être due au séchage. Dans ce sens, des travaux de certains auteurs sur les légumineuses fourragères (Ahn *et al.,* 1989 ; Mupangwa *et al.*, 2003) confirment que le fait de sécher ces plantes amène à réduire considérablement l'activité des tanins. La présence de L-dopa, phénols et facteurs antitrypsiques chez le genre *Mucuna* est signalé par divers auteurs (Lorenzetti *et al.*, 1998 ; Rajaram et Janardhanan, 1991). Tout se passe comme si ces effets se réduiraient au fur et à mesure de la croissance de cette plante. La littérature ne révèle pas de facteurs antinutritionnels pour *Aeschynomene histrix*. Toutefois, nous avions enregistré une teneur en ADL faible au moment de la floraison ; ceci serait vraisemblablement à l'origine des niveaux de dégradation important à ce stade. La dégradabilité théorique moyenne des matières azotées (DT_{MAT}) de nos fourrages est de 74,6 % au stade végétatif, elle baisse de 10 points au stade floraison. Ce sont évidemment les protéines du *Cajanus cajan* qui sont les moins dégradables dans le rumen. Il se pourrait cependant que les composés responsables de la complexation des protéines et de la faible dégradabilité de ces dernières, aient aussi des effets bénéfiques en apportant une quantité supérieure de protéines absorbables dans l'intestin ou en

CONCLUSION

Exploitées à différents stades, les quatre légumineuses fourragères cultivées en climat tropical humide du Bénin présentent une composition chimique très variable. La valeur azotée moyenne des quatre plantes étudiées baisse au cours de la croissance. *Cajanus cajan* est l'espèce la plus riche en protéines avec une teneur en MAT supérieure à 180 g/kg MS. L'inconvénient de cette espèce est que sa dégradabilité est considérablement diminuée par une forte teneur en lignine (132 g/kg MS) et par la présence de facteurs antinutritionnels. *Cajanus cajan* est largement déficitaire en PDIE (jusqu'à 22 g/kg MS). A l'opposé, *Stylosanthes fructicosa*, présente la plus faible teneur en matières azoté (111 g/kg MS) et la DT_{MAT} est élevée, de l'ordre de 70 %. Cette espèce est déficitaire en PDIN au début de la floraison (19 g/kg MS). *Mucuna pruriens* var. *utilis* présente les valeurs PDI les plus élevées (126 et 89 g/kg MS respectivement pour PDIN et PDIE) et celles-ci varient peu au cours du développement de la plante et serait le plus apte à corriger le déficit azoté des graminées fourragères tropicales. L'espèce *Aeschynomene histrix* quant à elle, présente le meilleur rapport entre PDIN et PDIE.

Etant donné qu'une grande partie des légumineuses sont susceptibles de contenir des quantités importantes de facteurs antinutritionnels responsables notamment des moindres valeurs de dégradabilité, il serait particulièrement utile de poursuivre les investigations en dosant en quantité et qualité ces molécules et plus particulièrement les tanins associés aux lignines. Dans ce sens, il serait également opportun de doser l'azote lié à la lignine (N-ADL) et l'azote lié aux fibres (N-NDF). Dans le but de confirmer les résultats obtenus au moyen de ces 12 fourrages, d'autres travaux d'étude sur les valeurs protéiques pourront être envisagés en basant les recherches sur une gamme et un nombre de légumineuses tropicales plus large.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la coopération technique belge (CTB) et le projet belgo-béninois (FSA5/CIUF/UAC), pour avoir financé ce programme de recherche sur la dégradabilité *in sacco* et les valeurs protéiques des légumineuses fourragères cultivées au Bénin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGONYISSA D. & SINSIN B. 1998. Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin. *Revue Elev. Med. Vet. Pays tropicaux* 3 : 239-246.

AHMED M. M. M. & EL-HAG F. M. 2004. Degradation characteristics of some Sudanese forages and tree pods using *in sacco* and gas production technique. *Small Ruminant Research* 54 : 147-156.

AHN J. H., ROBERTSON B. M., ELLIOT R., GUTTERIDGE R. C. & FORD C. W. 1989. Quality assessment of tropical browse legumes : tanin content and protein degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 27 : 147-156.

AKPO L. E. & GROUZIS M. 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours saheliens du nord-Sénégal . *Tropicultura* 18 : 1- 8.

AOAC, 1990. *Official Methods Analysis*, 15th edn. Washington, DC, USA: Association of Official Analysis Chemists, pp. 69 – 88.

ARCHIMÈDE H., SAUVANT D. & SCHMIDELY P. 1997. Quantitative review of ruminal and total tract digestion of mixed diet organic matter and carbohydrates. *Reproduction Nutrition Developement* 37 : 173 – 189.

ARMSTRONG D. G., COOK H. & THOMAS B. 1950. The lignin and cellulose contents of certain grassland species at different stages of growth. *J. agric. Sci.*, 40, 93-99.

AYALA-BURGOS A. J., HERRERA-DIAZ P. E., CASTILLO-CAAMAL J. B., ROSADO-RIVAS C.M., OSORNIO-MUÑOZ L. & CASTILLO-CAAMAL A. M. 2003. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 1 : 71-75.

BABATOUNDÉ S. 1999. *Etude de la valeur alimentaire des cultures fourragères en zone tropicale humide.* Mémoire de fin d'études, Gembloux, Faculté Universitaire des sciences Agronomiques. 83 p.

BABATOUNDÉ S., LECOMTE T. & BULDGEN A. 2003. Intake and digestibility of four forage legumes cultivated as protein bank in the Borgou region of Benin. *VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Merita, Yucatan, Mexico, 19 - 24 Octobre.*

BABATOUNDE S., SIDI H., HOUINATO M., MENSAH G.A., SINSIN A.B. 2009. Comportement alimentaire des taurins de race Borgou sur des jachères de la zone nord-soudanienne du Bénin. *Renc. Rech. Rum.* (in press).

BINDELLE J., 2001. Comparaison de différentes espèces fourragères en vue de leur culture dissociée ou en mélange dans la région du Borgou (Bénin) mémoire de fin d'études, FuSAGx Gembloux, 90 p.

BINDELLE J., SINNAEVE G., DARDENNE P., LETERME P. & BULDGEN A. 2005. A rapid estimation of nitrogen bound to neutral detergent fiber in forages by near infrared reflectance spectroscopy. *In : Proc. XXth International Grassland Congress. June 26 – July 1 2005. Dublin, Ireland. 259.*

BULDGEN A., MICHIELS B., ADJOLOHOUN S., BABATOUNDÉ S. & ADANDÉDJAN C. C. 2001. Production and nutritive value of grasses cultivated in the coastal area of Benin. *Tropical Grasslands.* 35 : 43 - 47.

CLARK J. H., KLUSMEYER T. H. & CAMERON M. R. 1992. Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 75 : 2304-2323.

DE (Direction de l'Elevage), 2007. Programme de developpement des productions animales pour les cinq prochaines annees (2007-2012). Rapport de la Direction de l'Elevage (DE), Cotonou, 159p.

DAGNELIE P., 1986. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques, vol. 2. *Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.* (Belgique), 463 p.

DARDENNE P., 1995. Contribution à l'utilisation de la spectrométrie dans le proche infrarouge pour l'étude de critère de qualité des céréales et des fourrages. Thèse de doctorat. Gembloux, Faculté Universitaire des sciences Agronomiques. 173 p.

DEMARQUILLY C. & ANDRIEU J. 1978. Prévision de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire. *In* : Demarquilly C. (ed), *Les fourrages secs : récoltes, traitement, utilisation.* INRA publication 241-275.

DEMEYER D. I. & VAN NEVEL C. 1986. Influence of sustrate and microbial interaction on efficiency of rumen microbial growth. *Reproduction Nutrition Developement* 26 : 129 - 141.

GUIMARAES-BEELEN P. M., BERCHIELLI T. T, BEELEN R., MEDEIROS A. N.2006. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. Small Ruminant Reseach, 61 : 35 - 44.

GOERING H. K. & VAN SOEST P. J. 1970. Forage Fiber Analyse (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook No 379 ARS. USDA.* Washington D.C.

INRA, 1988. *Alimentation des bovins, ovins et caprins.* Jarrige R. (ed). INRA publications, Paris, 471 p.

JARRIGE R., 1963. Les constituants membranaires des plantes fourragères. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 3, 143-190

JARRIGE R. 1981. Les constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage. *In* : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants,* (ed). INRA publ., versailles France, pp 13-40.

JARRIGE R., GRENET E., DEMARQUILLY C. & BESLE J.M. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. *In* : Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M. (eds.). *Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion.* INRA, Paris,921p

LE HOUREOU H. N. 1980. Chemical composition and nutritive value of browse in west africa. *In* : Le Houerou H.N. (ed.), *Browse in Africa.* ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 261-290.

LORENZETTI F. S., MACLSAAC J. T., ARNASON D. V. C., AWANG & BUCKLES D. 1998. *The phytochemistry, Toxicology and food potential of Velvetbean. In*: Buckles D, Eteka E., Osiname O., Galiba M., Galiano G. (eds). *Cover Crops in West Africa : Contributing to sustainable Agriculture* pp. 67-84.

MC DONALD I. 1981. A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96, 251- 252.

MGHENI D. M., HVELPLUND T. & WEISBJERG M. R. 1993. Rumen degradability of dry matter and protein in tropical grass and legume forages and their values expressed in the AAT-PBV protein evaluation system. *Proceedings of the Second biennial conference of the African Feed Resources Network (AFRNET) held in Harare, Zimbabwe 6-10 December 1993.*

MINSON D.J. 1982. Composition chimique et valeur nutritive des légumineuses tropicales. *In:* Skerman P.J. *Les légumineuses tropicales fourragères.* Ed. FAO, Rome, 666 p.

MINSON D.J. 1990. The chemical composition and nutritive value of tropical legumes. *In:* Skerman P. J., Cameron D.G., Riveros F.(eds), *Tropical legumes,* FAO plant production and protection series. 2, Food and Agriculture Organization, pp. 185-193.

MUPANGWA J. F., NGONGONI N. T. & HAMUDIKUWANDA H. 2003. The effect of stage of growth and method of drying fresh herbage on *in sacco* dry matter degradability of three tropical forage legumes . *Livestock Research for Rural Development* 15 (2).1-9.

NORTON B.W. 1994. The nutritive value of tree legumes. *In* : Gutteridge R.C., Shelton H.M. (eds). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture.* CAB International, Wallinford, Oxon, UK. 389 p.

ØRSKOV E. R. REID .G. W. & KAY M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Animal Production,* 46 : 20-34.

ØRSKOV E. R. REID .G. W. HOLLAND S. M. TAIG C. A. G. & LEE N. H., 1983. The feeding value for ruminants of straws and whole crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. *Animal Feed Science and Technology,* 8 : 247-257.

RAJARAM N. & JANARDHANAN K. 1991. The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantea* (Willd.) DC. *Plants Foods for Human nutrition,* 44 : 45 – 51.

RIVIERE R . 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la coopération. 529 p.

SINSIN B. & HEYMANS J. C. 1988. Problème lié à la transhumance des animaux domestiques à travers les parcs nationaux. *Nature et faune.* FAO Accra. 4 (2) : 27.

SKERMAN P.J. & RIVEROS F. 1988. *Tropical forage legumes.* FAO plant production and protection series. 2. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, 692 p.

TOLEBA S. S., ADANDÉDJAN C., BABATOUNDÉ S., DAHOUDA M. & BAHINI D. 2004. Indentification et valeur nutritive des ressources fourragères disponibles pour l'alimentation des petits ruminants dans le Sud-Ouest du Bénin. *RASPA* 2 (3 - 4) : 213 - 222.

VADIVELOO J. & FADEL J. G. 1992. Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. *Animal Feed Science and Technology,* 37 : 265-270.

VAN SOEST P. J., ROBERTSON J. B. & LEWIS B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science,* 74 : 3583-3597.