



Ligneux fourragers des parcours naturels communautaires du Nord-Bénin : prédiction de la valeur nutritive au moyen de plusieurs approches analytiques

Habirou SIDIIMOROU¹, Séverin BABATOUNDE¹, Fousséni SIDIIMOROU¹, Guy Apollinaire MENSAH²

¹ Laboratoire de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (UAC) 01 BP 526, Recette Principale, Cotonou 01, République du Bénin

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884, Recette Principale, Cotonou 01, République du Bénin

Auteur pour la correspondance : babatoundesev@yahoo.fr, Tel. : (0229) 97 44 67 01

Mots-clés : arbres et arbustes, composition chimique, dégradabilité enzymatique, fermentescibilité *in vitro*, prédiction.

Keywords: trees and shrubs, chemical composition, enzymatic degradation, *in vitro* gas production, prediction.

1 RESUME

Au Bénin, les productions animales et halieutiques contribuent à l'amélioration des conditions de vie des populations. Les systèmes d'élevage des ruminants sont basés sur l'utilisation excessive des pâturages naturels. En saison sèche, la disponibilité fourragère constitue au Nord-Bénin une réelle contrainte aux ruminants pâturant les parcours naturels. Pendant cette période, arbres et arbustes constituent les composantes essentielles de leur alimentation (*Acacia sieberiana*, *Azelia africana*, *Daniellia oliveri*, *Fluggea virosa*, *Gardenia erubescens*, *Lonchocarpus laxifolus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Swartzia madagascariensis*). Toutefois, peu d'informations sont actuellement disponibles sur la valeur nutritive et des équations fiables de prédiction de celle-ci. Les modèles d'équations développées et utilisées sont ceux des milieux tempérés. Le problème de ces approches est qu'il faut avoir une connaissance précise de la description botanique des fourrages afin de sélectionner le type de modèle d'équation à utiliser. En effet, en milieu tropical, les systèmes de production animale utilisent plusieurs types de fourrages aux valeurs nutritives très variables. Il est pourtant fondamental de proposer des modèles d'équations qui prennent en compte ces variabilités. La méthode idéale de détermination de la qualité nutritionnelle des aliments est la mesure de la digestibilité *in vivo* ne pouvant pas être appliquée pour des fourrages comme les ligneux ou les pailles. Afin de contourner ces difficultés, plusieurs méthodes de prédiction des valeurs nutritives ont été développées par les nutritionnistes. Au cours de cette étude, les paramètres de composition chimique des ligneux, la dégradabilité enzymatique et la fermentescibilité *in vitro* (gaz-test) en présence de jus de rumen ont été expérimentés. Les résultats ont montré que les paramètres de composition chimique et la dégradabilité enzymatique n'étaient pas les meilleurs prédicteurs de la valeur nutritive des ligneux. Par contre, le taux fractionnel de production de gaz à 4 h (μ_4) et le volume de gaz à 72 h (V_{72h}) ont été les meilleurs prédicteurs. L'introduction des matières azotées totales



(MAT) et de la cellulose brute (CB) dans les modèles d'équations améliore la précision de la prédiction. Le gaz-test apparaît comme étant la meilleure méthode de prédiction de la valeur nutritive de ces ligneux.

Woody forages from natural communities pastures of North-Benin : Prediction of nutritive value from different analytical approaches

ABSTRACT

In Benin, livestock production represents an important method for supporting the local population, but the production of ruminant livestock has largely been supported through the grazing of available nature pastures. In the dry season, the availability of forage in the North-Benin is a real constraint when ruminants are grazing pastures. In this period, shrub and tree leaves are an important component of diets. However, there is little information on their nutritive values. In addition, there is a lack of information about the equations to use for predicting with accuracy their nutritive values. In the past, such predictors have utilised models developed mainly from experimental data generated in temperate environments. The problem with these approaches is that an accurate botanical description of the forages be known in order to decide which equation to use. Prediction equations are particularly more desirable in humid tropics where the production system utilised many forage types of variable composition and nutritive value. The standard method for estimation nutritive quality of forage is based on *in vivo* measurement of apparent digestibility. This method is largely unsuitable for forages like straw and browses. In order to avoid these problems various attempts have made to predict the nutritive values from various analytical methods. In the case of this study chemical composition, enzymatic digestibility and *in vitro* gas production are tested for the woody species. Both of chemical composition parameters or measurement using enzymatic technique was not the best predictor of the nutritive value of the woodys. However, the rate of gas production at 4 h (μ 4h) and the gas production at 72 h (V72 h) provided more accurate prediction of these parameters. Including crude protein (CP) and crude fibre (CF) in the model improve the accuracy on nutritive parameters prediction. The gas production was a good technique to predict nutritive value of trees and shrubs leaves.

2 INTRODUCTION

Au Bénin, les systèmes d'élevage des ruminants sont encore traditionnels et de type extensif. Dans les terres de parcours, l'arbre et l'arbuste jouent plusieurs rôles dont les fonctions de pâturage aérien afin de pallier le caractère aléatoire, instable et saisonnier du tapis herbacé (Sinsin *et al.*, 1989 ; Sarr *et al.*, 2013). Le manque de ressources fourragères de bonne qualité en saison sèche constitue un obstacle majeur au développement de la production animale. Au cours de l'année, le tapis herbacé ne subsiste que pendant quelques mois et devient rare dans la pleine saison sèche, qui dure 4 mois (mars à juin). S'il subsiste encore dans quelques

écosystèmes pâturés, il présente une valeur nutritive assez faible. Durant cette période de l'année, la végétation ligneuse (*Acacia sieberiana*, *Azizelia africana*, *Daniellia oliveri*, *Fluggea virosa*, *Gardenia erubescens*, *Lonchocarpus laxifolius*, *Pterocarpus erinaceus*, *Swartzia madagascariensis*) est la principale source de fourrages verts pour le bétail. De nombreux auteurs (Skerman, 1982 ; Guérin *et al.*, 1987 ; Koné, 1987 ; Fall-Toure, 1993 ; Nijidda et Ikhimioya 2010 ; Mebirouk-Boudechiche *et al.*, 2014) sont unanimes pour reconnaître l'importance des ligneux dans l'alimentation du bétail. Ainsi, l'étude vise un double objectif: -i- indiquer les valeurs



nutritives des ligneux indispensables à l'engraissement à dessein dans les systèmes d'alimentation des ruminants domestiques ;-ii- prédire ces valeurs nutritives à partir des

méthodes alternatives, simples, rapides, fiables, peu coûteuses, faciles à l'application en routine et finalement mieux adaptées aux pays en développement comme le Bénin.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Milieu d'étude : L'étude a été réalisée dans les communes de Nikki, Kalalé, Ségbana et Gogounou situées au Nord-Est du Bénin. Administrativement les communes de Nikki et Kalalé sont situées dans le département du Borgou tandis que celles de Ségbana et Gogounou sont dans le département de l'Alibori. Cette zone est située entre les parallèles 9°39' et 12° 23' latitude Nord et entre les méridiens 2° 15' et 3°15' de longitude Est. Sa superficie totale est 16.596 de km² soit 14.72% de la superficie totale du pays. Le climat est de type Nord-Soudanien. La température oscille entre 18°C et 38°C mais les moyennes annuelles varient entre 26 et 27°. Les communes choisis sont spécialisées dans l'élevage des bovins (DE, 2007) et bénéficient par ailleurs de parcours naturels peuplés par des espèces herbacées et ligneuses (De Haan, 1997).

3.2 Matériel végétal et détermination de leur composition chimique : Les enquêtes participatives menées auprès des éleveurs du Nord-Est du Bénin ont révélé qu'ils connaissaient plusieurs espèces ligneuses utilisées spécialement dans l'alimentation des bovins. Un total de 26 espèces représentées par 17 familles botaniques a été cité par les éleveurs comme présentes sur leur terroir (Sidi *et al.*, 2015). L'étude du comportement alimentaire des animaux au pâturage ayant consisté en un suivi des animaux afin d'apprécier leurs comportements d'ingestion sur les pâturages naturels a permis de récolter les échantillons de feuilles de chaque type de ligneux fourragers pour leurs analyses chimiques au laboratoire. Les teneurs en matière sèche (MS, méthode ID 934.01), la matière organique (MO, méthode ID 942.05) et les matières azotées totales (MAT, méthode ID 954.01) ont été déterminées selon les méthodes officielles approuvées par AOAC (2000). Les teneurs en

constituants pariétaux en particulier la cellulose brute (CB), Neutral et Acid Detergent Fiber (NDF et ADF) ont été déterminées selon la méthode des sachets filtrants établie par ANKOM (ANKOM 200 Analyzer Fibre ; SKU : A200 & nbspA200I). La méthode ANKOM est exacte et précise par rapport aux méthodes classiques de détermination des fibres préconisées par Van Soest *et al.* (1991).

3.3 Étude de la digestibilité *in vitro* de la matière organique des ligneux à la pepsine-cellulase : La digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMO) des ligneux a été déterminée suivant la méthode enzymatique décrite par Vanderhaeghe et Biston (1987). Une prise d'essai de 1 g de fourrage broyé à 1 mm est soumise à une digestion par la pepsine durant 24 h à 40°C dans une solution d'HCL 0,1 N. Une seconde incubation de 24 h a lieu après l'addition d'une solution de cellulase et après le réajustement du pH à 4,8 (valeur optimale pour l'activité des cellulases). Celui-ci est réalisé au moyen d'acétate de sodium à 20 %. La solution de pepsine contient 2 g de pepsine (Merck n° 7190, 1/10000) par litre de HCL 0,1 N, alors que la solution tampon de cellulase contient 10 g de cellulase (BDH n° 39074) dans 100 ml de solution tampon à pH 4,8 [mélange d'acide acétique 0,1 M (5,9 ml de CH₃COOH/l) et d'acétate de sodium 0,1 M (13,6 g de CH₃COONa/l), proportions 2/3]. Après la filtration sur creuset de type P1, les particules résiduelles ont été rincées à l'eau chaude puis à l'acétone. Les échantillons de ligneux ont été séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h, puis calcinés à 550°C pendant 1 h 30. La digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMOc) a été déterminée de la façon suivante :

dMOc (%) = 100 - [(Pb - Pc) x 104/PE x %MO], où :

Pb : poids des creusets après séchage à l'étuve (g) à 105°C ;

Pc : poids des creusets après calcination (g) à 550°C ;

PE : prise d'essai (g) ;

MO : matière organique (%).

En raison de la non reproductibilité dans le temps de cette méthode, nous avons remédié à cet inconvénient en insérant dans chaque série d'échantillons de fourrages testés un foin standard dont la valeur dMOC était connue afin de corriger les résultats de chaque série (Vanderhaeghe et Biston (1987).

3.4 Étude de la fermentescibilité *in vitro* en présence de jus de rumen : Les feuilles des ligneux issus des collètes ont fait l'objet des études de fermentescibilité *in vitro* en présence de jus de rumen. Pour ce faire, le jus de rumen a été prélevé chez six (6) béliers adultes de race Djallonké ayant un poids vif corporel (PV) moyen de 30 kg. Ces moutons 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 (à 8 h et à 16 h). Cette ration a été distribuée aussi bien en période pré-expérimentale qu'expérimentale. La composition centésimale de la ration a été 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. Cette proportion est généralement utilisée dans les études de dégradabilité *in sacco* (Michalet-Doreau et Ould-Bah, 1992). 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. Les échantillons moyens de ligneux fourragers (250 mg de MS) ont été incubés par seringue. L'incubation a été réalisée dans des seringues en

verre de 100 ml graduées par pas de 1 ml. Chaque seringue était équipée d'un robinet verrouillable à 3 voies. Les pistons ont été lubrifiés à la vaseline avant chaque incubation. Les fermentations en seringues ont été réalisées au moyen du tampon de Menke *et al.* (1979). Les mesures de fermentescibilité en seringues ont toutes été répétées au cours d'une seconde période ceci a permis de prendre en compte les déviations associées à des facteurs non contrôlables, tels que la variabilité du jus de rumen et les facteurs environnementaux. A chaque période d'essai, trois (3) répétitions d'un même fourrage ont été systématiquement effectuées. La position du piston était lue aux heures 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120 et 144. Les cinétiques de production de gaz ont été ajustées au modèle mathématique de France *et al.* (2000). L'équation du modèle établit une courbe cinétique théorique à partir des valeurs observées de volume de gaz. Le calcul a été réalisé par des itérations successives jusqu'à la minimisation de la somme des carrés des écarts résiduels. Les paramètres issus de la modélisation ont été les volumes théoriques, le volume final (Vf), le temps de latence (Lat) et les taux fractionnels de production de gaz (μ).

3.5 Méthode d'établissement des valeurs nutritives : Les équations de régression de Menke et Steingass (1988) ont été utilisées pour déterminer la digestibilité de la MO (dMO) et l'énergie métabolisable (EM). Ainsi, le volume de gaz mesuré après 24 h (Vgaz, ml/200 mg de MS) est associé aux MAT et CT (g/kg MS) pour améliorer significativement la prédiction de la digestibilité *in vivo* de la MO à l'aide de la formule suivante (Menke et Steingass, 1988) :

$$\text{dMO (\%)} = 15,38 + 0,8453 \text{ Vgaz} + 0,0595 \text{ MAT} + 0,0675 \text{ CT} \quad (R^2 = 0,91 ; \text{ETR} = 4,48 ; n = 185) ;$$

où ETR est l'écart-type résiduel.

Ensuite, l'EM peut être estimée à partir de la relation suivante :

$$\text{EM (kcal/kg MS)} = (0,15 + 0,1557 \text{ dMO} + 0,0130 \text{ CT}) \times 1000/4,18 \quad (R^2 = 0,95 ; \text{ETR} = 4,08 \text{ n} = 185)$$



Par la suite, les valeurs en énergies nettes ont été déterminées dans le système des Unités Fourragères Lait (UFL) et Unités Fourragères Viande (UFV) définies par INRA (1988). Les valeurs azotées ont été établies dans l'ancien système des matières azotées digestibles (MAD). L'équation de prédiction utilisée pour l'estimer est celle proposée par Guérin *et al.* (2002) à savoir : $MAD (g/kgMS) = 9,29 MAT - 35,2$.

3.6 Analyses statistiques des données :

La statistique descriptive en terme de moyenne, minimum, maximum et de coefficient de variation a été utilisée sur les données de composition chimique, des paramètres cinétiques de production de gaz et les valeurs

nutritives des ligneux étudiés. Par la suite, les corrélations de Pearson ont été établies entre la composition chimique, les paramètres cinétiques de fermentescibilité *in vitro* et les valeurs nutritives des ligneux afin de retenir les variables à utiliser lors de l'établissement des équations de régression. En fin, les modèles d'équations de régressions linéaires ont été établies pour la prédiction des valeurs nutritives. La probabilité (p), le coefficient de corrélation (r) ainsi que l'écart-type résiduel (s) ont été utilisés dans le processus de validation des modèles d'équation établis pour la prédiction des valeurs nutritives des ligneux étudiés.

4 RESULTATS

4.1 Composition chimique des ligneux fourragers incubés en seringues :

En moyenne, les ligneux fourragers incubés en seringues dosaient 13,2 % de teneurs en matières azotées totales (MAT), et pour les constituants pariétaux, 24,5 % de cellulose brute (CB), 60,9 % de Neutral Detergent Fiber (NDF), 54,1 de Acid Detergent Fiber (ADF), 6,8 % de Hémicellulose (Hcell) et 34,5 % de lignine (tableau 1). Chez ces ligneux, l'écart entre les valeurs extrêmes de chaque constituant chimique était large et de l'ordre de 5,8 - 19,7 pour MAT, 11,0 - 40,0 pour les teneurs en CB, de 28,7 - 85,0 pour NDF, de 20,6 - 73,4 pour ADF, de 0,6 - 31,4 pour Hcell et 4,4 - 74,0 % pour la lignine (tableau 1). Par conséquent, les coefficients de variation des teneurs en constituants chimiques ont été très élevés entre les espèces de ligneux fourragers. Toutefois, au niveau des teneurs en matière organique (MO), l'amplitude de variation entre espèces a été très insignifiante.

4.2 Valeurs nutritives des ligneux incubés en seringues :

Les données sur les valeurs nutritives des espèces de ligneux incubées en seringues ont montré que la digestibilité *in vitro* (dMO) des ligneux fourragers des parcours communautaires du Nord-Bénin était en moyenne de 43,8 %

(tableau 2). La variation de 47,7 % était assez élevée entre espèces (tableau 2). La digestibilité *in vitro* déterminée au moyen de la technique de pepsine-cellulase était élevée chez ces ligneux (en moyenne 79,3 %) et variait très peu entre les espèces. La digestibilité *in vitro* avec la technique de pepsine-cellulase était de 35,5 % en moyenne plus élevée que celle déterminée au moyen du gaz-test. Les niveaux de production étant faibles en milieu tropical, l'énergie tirée des rations alimentaires par les animaux est beaucoup plus utilisée pour l'entretien que pour la production. Ainsi, les teneurs moyennes en valeurs énergétiques nettes de l'ordre de 0,59 UFL et 0,48 UFV/kg de MS enregistrées chez ces ligneux étaient satisfaisantes. Toutefois, l'amplitude de variation entre espèces de 0,46 - 0,73 par kg de MS pour UFL et de 0,34 - 0,65 par kg de MS pour UFV était assez élevée. Au niveau des valeurs azotées, plus de la moitié des espèces ont présenté un rapport MAD/UFL supérieur à 120 g. La valeur moyenne (149 g) du rapport MAD/UFL n'a pas trop varié entre les espèces par comparaison aux valeurs énergétiques nettes. Le coefficient de variation des énergies nettes a été de 59 % entre les espèces contre 34 % pour le rapport MAD/UFL.



Les coefficients de la matrice de corrélation entre les données des différents constituants chimiques des ligneux fourragers étudiés présentés dans le tableau 3 ont été utilisés afin de pouvoir établir ultérieurement les équations de prédiction des valeurs nutritives des ligneux étudiés à partir de leur composition chimique. La teneur en MO était significativement ($p < 0,05$) corrélée à celle de l'hémicellulose. Aucune corrélation significativement ($p > 0,05$) positive n'a existé entre les MAT et la CB. La

corrélation entre la teneur en lignocellulose (ADF) et le NDF ou celle entre la lignine et le NDF était forte ($r = 0,87$). Ces différentes corrélations entre les teneurs en constituants pariétaux ont été hautement significatives ($p < 0,001$). Pour établir les équations de régression multiples, la variable MAT et une des variables issues des constituants pariétaux (CB, NDF, ADF et hémicellulose) pouvaient être également associées.

Tableau 1. Composition chimique des ligneux fourragers (% MS)

Ligneux (n= 26)	MS	MO	MAT	CB	NDF	ADF	Hcell	Lignine
<i>Acacia sieberiana</i>	45,7	96,2	18,2	36,5	67,1	65,7	1,4	29,2
<i>Afzelia africana</i>	38,7	95,0	16,8	38,6	72,3	69,7	2,6	33,8
<i>Annona senegalensis</i>	34,9	93,1	10,5	21,2	51,5	43,2	8,3	22,0
<i>Bombax costatum</i>	60	95,1	12,2	19,6	64,5	49,9	14,6	44,9
<i>Daniellia oliveri</i>	42,7	96,6	18,5	35,8	76,6	67,5	9,1	40,8
<i>Dichrostachys cineria</i>	57,7	95,6	13,7	19,6	57,9	54,8	3,2	38,4
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	60,3	96	9,6	18,7	45,4	44,1	1,3	25,5
<i>Fluggea virosa</i>	49,2	96,4	15,3	11,0	85,0	66,6	18,4	74,0
<i>Gardenia erubescens</i>	48,6	95,3	12,2	23,8	68,6	58,2	10,3	44,8
<i>Hymenocardia acida</i>	60,7	94,1	10,6	17,2	42,6	40,6	2,1	25,4
<i>Khaya senegalensis</i>	42,3	94,3	10,3	26,2	50,5	49,1	1,4	24,3
<i>Lonchocarpus laxifolius</i>	45,7	92,8	18,6	22,5	58,6	54,3	4,3	36,1
<i>Maranthes polyandra</i>	47,3	95	9,8	19,5	83,6	72,8	10,7	64,0
<i>Monotes kerstingii</i>	54,3	94,7	5,8	21,6	65,2	58,0	7,2	43,6
<i>Nauclea</i>	55,1	95,8	14,9	33,7	63,2	61,9	1,3	29,5
<i>Phyllanthus muellerianus</i>	54	96,3	10,0	21,9	50,2	49,0	1,1	28,3
<i>Piliostigma thonningii</i>	57,7	96,9	10,7	26,6	60,7	60,0	0,7	34,1
<i>Prosopis africana</i>	53,1	95,4	17,4	16,5	38,3	30,8	7,5	14,3
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	27,5	96,4	19,7	28,3	54,6	49,5	5,1	21,2
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	65	96	11,0	22,5	67,7	67,0	0,6	45,2
<i>Securidaca longipediculata</i>	37,3	93,3	10,4	23,1	56,1	39,9	16,3	16,8
<i>Stereospermum kuntbium</i>	45,9	95,9	11,6	27,1	58,4	54,1	4,3	31,3
<i>Strychnos spinosa</i>	43,1	95,4	11,3	16,2	28,7	20,6	8,0	4,4
<i>Swartzia madagascariensis</i>	47,2	92,6	16,3	22,1	82,4	51,0	31,4	60,3
<i>Vitellaria paradoxa</i>	40,2	96,8	11,1	26,9	56,5	55,6	0,9	28,1
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	44,8	97	17,3	40,0	77,1	73,4	3,7	37,1
Moyenne	48,4	95,3	13,2	24,5	60,9	54,1	6,8	34,5
Coefficient de variation(%)	18,7	1,3	27,6	30,0	23,0	23,7	105,3	44,7
Maximum	65,0	97,0	19,7	40,0	85,0	73,4	31,4	74,0
Minimum	27,5	92,6	5,8	11,0	28,7	20,6	0,6	4,4

MS : Matière sèche ; MO : Matière organique ; MAT : Matières azotées totales ; CB : Cellulose brute ; NDF : Acid detergent fiber ; ADF : Acid detergent fiber ; Hcell : Hémicellulose.

Tableau 2 . Valeurs nutritives des ligneux des parcours communautaires du Nord-Bénin

Ligneux (n = 26)	dMOc* (%)	dMO** (%)	UFL /kg MS	UFV /kg MS	MAD g/kgMS	MAD/UFL (g)
<i>Acacia sieberian</i>	78,5	46,4	0,61	0,51	134	218
<i>Afzelia africana</i>	80,4	43,0	0,58	0,47	121	209
<i>Annona senegalensis</i>	76,8	43,2	0,60	0,50	62	103
<i>Bombax costatum</i>	73,5	44,8	0,60	0,50	78	130
<i>Daniellia oliveri</i>	79,0	54,6	0,73	0,64	137	188
<i>Dichrostachys cineria</i>	87,7	43,9	0,58	0,48	92	158
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	76,3	35,9	0,47	0,35	54	115
<i>Fluggea virosa</i>	76,6	50,0	0,66	0,56	107	162
<i>Gardenia erubescens</i>	77,2	48,6	0,66	0,56	78	119
<i>Hymenocardia acida</i>	75,1	45,2	0,62	0,52	63	102
<i>Khaya senegalensis</i>	74,5	38,2	0,52	0,41	60	116
<i>Lonchocarpus laxifolius</i>	79,6	46,9	0,66	0,56	138	208
<i>Maranthes polyandra</i>	80,6	36,0	0,48	0,37	56	116
<i>Monotes kerstingii</i>	74,4	38,0	0,51	0,40	19	36
<i>Nauclea</i>	88,0	39,9	0,53	0,41	103	196
<i>Phyllanthus muellerianus</i>	82,3	54,8	0,73	0,65	58	79
<i>Piliostigma thonningii</i>	87,6	36,0	0,46	0,34	64	139
<i>Prosopis africana</i>	73,8	48,8	0,66	0,56	126	193
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	79,8	45,7	0,60	0,49	148	247
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	77,8	39,4	0,52	0,40	67	130
<i>Securidaca longipediculata</i>	82,2	49,1	0,69	0,59	61	89
<i>Stereospermum kuntbium</i>	80,6	35,1	0,46	0,34	73	158
<i>Strychnos spinosa</i>	86,7	47,5	0,64	0,54	70	109
<i>Swartzia madagascariensis</i>	76,3	40,2	0,57	0,46	116	205
<i>Vitellaria paradoxa</i>	76,8	38,8	0,50	0,38	68	136
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	78,9	47,7	0,62	0,52	126	202
Moyenne	79,3	43,8	0,59	0,48	88	149
Coefficient de variation (%)	10,1	47,7	57,67	58,67	39	34
Maximum	88,0	54,8	0,73	0,65	148	247
Minimum	73,5	35,1	0,46	0,34	19	36

dMOc*: digestibilité enzymatique à la pepsine-cellulase ; dMO** : digestibilité calculée à partir du gaz-test (Menke et steingass, 1988). ; dMO: Digestibilité de la matière organique (%) ; UFL : Unité Fourragère Lait ; UFV : Unité Fourragère Viande ; MAD : Matière Azotées Digestibles (g /KgMS) ; MAD/UFL : Rapport MAD/UFL.

Tableau 3. Matrice de corrélation (r) entre les différents constituants chimiques

	MS	MO	CT	MAT	CB	NDF	ADF	Hcell
MS								
MO	0,16							
CT	-0,16	-1,00						
MAT	-0,36	0,12	-0,12					
CB	-0,35	0,31	-0,31	0,45*				
NDF	-0,04	0,09	-0,09	0,27	0,33			
ADF	0,05	0,36	-0,36	0,23	0,55**	0,87***		
Hcell	-0,16	-0,47*	0,47*	0,12	-0,34	0,42*	-0,1	
Lignine	0,25	0,02	-0,02	0,04	-0,13	0,87***	0,68***	0,48*

Hcell: Hémicellulose. *P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.

4.3 Cinétique de fermentescibilité en présence de jus de rumen des ligneux fourragers incubés en seringues :

Les données de production de gaz des ligneux incubés en seringues ont été ajustées par le modèle mathématique de France *et al.* (2000). La variabilité entre les paramètres fermentaires des ligneux incubés en seringues était très importante. La production finale de gaz (Vf) a varié de 142,1 à 262,0 ml/g de MS (Tableau 4). Les taux fractionnels de production de gaz à 4 h, 24 h (μ_4 h, μ_{24} h) et le temps de latence étaient également très fluctuants. Certains ligneux (*Xeroderris stuhlmannii*, *Securidaca longepedunculata*, *Lonchocarpus laxiflorus*, *Gardenia erubescens*, *Acacia sieberiana* et *Dichrostachys cineria*) ont été très particuliers car ils associaient à un taux fractionnel de production de gaz (μ) élevé, un volume final de gaz faible. D'autres par contre (*Strychnos spinosa* et *Hymenocardia acida*) associaient à un taux fractionnel de production de gaz faible, un volume final de production de

gaz très élevé. A partir de la matrice de corrélation entre les différents paramètres cinétiques de production de gaz chez les ligneux étudiés (tableau 5), le temps de latence (temps observé avant le commencement de la dégradation de la fraction insoluble des hydrates de carbone contenus dans ces ligneux) a été négativement corrélé au volume de gaz enregistré à 72 h (V72 h). Les volumes de production de gaz à 24 h et à 72 h, ainsi que le volume final (Vf) ont été étroitement corrélés entre eux (tableau 5). Les taux fractionnels de production de gaz aux temps 4 h et 24 h (μ_4 et μ_{24}) ont été corrélés au volume de gaz à 24 h (V24 h). Le temps de latence était négativement corrélé au volume de gaz à 72 h (V72 h). Par conséquent, le volume de production de gaz à 72 h (V72 h) et le taux fractionnel de production de gaz à 4 h (μ_4 h) ont été retenus lors de l'établissement des droites de régressions pour l'estimation des valeurs nutritives des ligneux étudiés.

Tableau 4 : Paramètres cinétiques de production de gaz entre espèces

Espèces	Latence (h)	μ_4 (%)	μ_{24} (%)	Volumes (ml/g MS)		
				24h	72h	Final
<i>Acacia sieberiana</i>	1,85	5,3	3,3	104,5	152,7	171,8
<i>Azizelia africana</i>	2,51	3,3	2,4	84,2	148,4	184,4
<i>Annona senegalensis</i>	2,4	5,1	3,7	99,8	147,7	161,4
<i>Bombax costatum</i>	2,96	2,8	4,7	111,7	171,5	184,4
<i>Daniellia oliveri</i>	1,15	7,0	4,0	153,2	200,5	204,0
<i>Dichrostachys cineria</i>	1,1	5,2	2,3	103,0	180,0	196,9
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	3,63	1,8	2,2	71,6	155,2	201,3
<i>Fluggae virosa</i>	1,97	4,0	5,1	136,3	196,5	206,6
<i>Gardenia erubescens</i>	1,72	5,6	4,8	134,9	190,5	197,1
<i>Hymenocardia acida</i>	1,27	1,6	2,9	115,8	199,7	230,7
<i>Khaya senegalensis</i>	2,7	3,9	1,8	75,9	127,8	179,2
<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	1,8	5,4	2,5	92,4	144,6	172,3
<i>Maranthes polyandra</i>	0,4	2,9	2,6	67,8	123,6	142,1
<i>Monotes kerstingii</i>	0,3	2,1	2,5	92,1	180,3	216,9
<i>Nauclea</i>	1,46	3,2	1,5	75,9	127,0	192,3
<i>Phyllanthus muellerianus</i>	0,95	7,9	4,1	183,0	226,2	226,8
<i>Pilostigma thonningii</i>	2,03	2,6	1,7	71,7	139,5	192,5
<i>Prosopis africana</i>	1,86	4,1	5,3	117,9	128,5	145,7
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	2,8	4,3	3,0	95,4	155,0	177,9
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	0,87	2,2	2,17	87,4	182,8	220,2
<i>Securidaca longepedunculata</i>	2,15	6,2	5,5	136,1	184,2	193,2
<i>Stereospermum kuntbianum</i>	1,86	1,6	2,8	59,5	126,9	148,6
<i>Strychnos spinosa</i>	0,38	2,7	3,4	131,6	243,2	262,0
<i>Swartzia madagascariensis</i>	2,96	2,1	1,8	59,6	123,2	176,7
<i>Vitellaria paradoxa</i>	1,54	4,2	2,3	86,6	147,3	179,5
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	1,3	7,2	5,9	118,5	156,9	166,4
Moyenne	1,8	4,0	3,2	102,6	163,8	189,6
Coefficient de variation (%)	48	45	40	30	20	15
Maximum	3,6	7,9	5,9	183,0	243,2	262,0
Minimum	0,3	1,6	1,5	59,5	123,2	142,1

Tableau 5 : Matrice de corrélation (r) entre les différents paramètres cinétiques de production de gaz chez les ligneux étudiés.

	Lat	μ_4	μ_{24}	V24h	V72h
Lat					
μ_4	-0,140				
μ_{24}	-0,040	0,560**			
V24h	-0,310	0,690***	0,720***		
V72h	-0,430*	0,280	0,380	0,800***	
Vf	-0,340	-0,070	-0,060	0,460*	0,850***

*P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.



4.3 Relations entre composition chimique, dégradabilité enzymatique, les paramètres cinétiques de fermentescibilité *in vitro* et les valeurs nutritives des ligneux :

Aucune corrélation significative ($p > 0,05$) n'a existé entre la composition chimique des ligneux et les paramètres fermentaires (tableau 6). De même, la digestibilité *in vitro* de la matière organique déterminée à la pepsine-cellulase n'était pas corrélée aux paramètres fermentaires (tableau 7) ni à la composition chimique des ligneux (tableau 8). Par contre, les taux fractionnels de production de gaz à 4 h et à 24 h ainsi que les volumes de production de gaz à 24 h et 72 h étaient étroitement corrélés aux valeurs nutritives des ligneux étudiés. Le taux fractionnel de production de gaz à 4 h expliquait à lui seul 75 % du niveau de digestibilité de la matière organique et 72 % les valeurs énergétiques nettes de ces ligneux. Aucune corrélation significative ($p > 0,05$) n'a

existé entre le volume final (Vf), la digestibilité de la matière organique des ligneux et les valeurs énergétiques. Par contre, le rapport MAD/UFL était significativement ($p < 0,05$) corrélé au Vf. Concernant les relations entre les paramètres de composition chimique et ceux des valeurs nutritives, les teneurs en MAT étaient significativement ($p < 0,05$) corrélées à la digestibilité de la matière organique et aux valeurs énergétiques (EM, UFL et UFV) (tableau 8). Ce constituant expliquait respectivement 45 % et 42 % de la variation de la digestibilité de la matière organique (dMO) et des valeurs énergétiques nettes (UFL, UFV). La cellulose brute (CB) était positivement corrélée aux valeurs MAD et au rapport MAD/UFL. La relation entre CB et MAD/UFL était plus significative ($p < 0,01$). Les teneurs en fibres brutes (CB) ont expliqué plus de la moitié de la variation de ce rapport.

Tableau 6 : Corrélation entre composition chimique et les paramètres fermentaires

	Lat	μ_4	μ_{24}	X24h	X72h	Vf
MS	-0,190	-0,380	-0,170	-0,050	0,150	0,330
MO	-0,210	0,140	0,100	0,180	0,170	0,120
CT	0,210	-0,140	-0,100	-0,180	-0,170	-0,120
MAT	0,240	0,360	0,190	0,090	-0,200	-0,320
CB	0,050	0,340	-0,080	-0,110	-0,290	-0,270
NDF	-0,030	0,110	0,050	-0,140	-0,240	-0,310
ADF	-0,150	0,160	-0,120	-0,190	-0,260	-0,280
Hcell	0,220	-0,060	0,300	0,060	0,000	-0,100
Lignine	-0,070	-0,110	-0,030	-0,140	-0,120	-0,150

Tableau 7. Corrélation entre valeurs nutritives et les paramètres cinétiques

	Lat	μ_4	μ_{24}	V24h	V72h	Vf
dMOc	-0,320	0,140	-0,250	0,010	0,130	0,220
dMO	-0,16	0,75***	0,71***	0,92***	0,62**	0,28
EM	-0,12	0,72***	0,69***	0,88***	0,59**	0,26
UFL	-0,12	0,72***	0,69***	0,88***	0,59**	0,26
UFV	-0,13	0,72***	0,69***	0,89**	0,59**	0,26
MAD	0,23	0,35	0,23	0,12	-0,16	-0,30
MAD/UFL	0,34	0,05	-0,09	-0,28	-0,46*	-0,45*

*P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.



Tableau 8. Corrélation de Pearson entre les paramètres de composition chimique et ceux des valeurs nutritives

	dMOc	dMO	EM	UFL	UFV	MAD	MAD/UFL
MS	-0,01	-0,205	-0,231	-0,232	-0,222	-0,361	-0,318
MO	0,24	0,058	-0,129	-0,125	-0,126	0,123	0,177
MAT	-0,24	0,448 *	0,423*	0,42*	0,405 *	1,000***	0,945 ***
CB	0,05	0,018	-0,039	-0,035	-0,043	0,360 *	0,506 **
NDF	0,19	-0,039	-0,054	-0,057	-0,058	0,267	0,294
ADF	-0,09	-0,139	-0,204	-0,208	-0,207	0,229	0,301
Hcell	0,04	0,174	0,260	0,263	0,258	0,115	0,039
Lignine	-0,25	-0,111	-0,112	-0,118	-0,111	0,046	0,067

*P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001

4.4 Prédiction des valeurs nutritives :

En matière de relations entre la composition et les valeurs nutritives, la MAT était le prédicteur qui revenait le plus souvent dans les équations de régressions (tableau 9). Avec l'introduction des paramètres fermentaires (μ_4 et V72h) et des

teneurs en fibres brutes (CB), les équations de prédiction des valeurs nutritives des ligneux des parcours communautaires du Nord-Bénin s'établissaient avec une fiabilité plus accrues (tableau 9).

Tableau 9. Meilleures équations de prédiction des valeurs nutritives

N°	Paramètres estimés	Equations et facteurs utilisés	r	P	s
1	dMO	13,4 + 1,37 μ_4 + 0,101 V72h + 0,630 MAT	0,93	0,000	2,14
2	dMO	17,4 + 1,60 μ_4 + 0,0888 72 h + 0,715 MAT - 0,165 CB	0,95	0,000	1,91
3	EM	743 + 50,5 μ_4 + 3,53 V72 h + 21,9 MAT	0,89	0,000	104,5
4	EM	946 + 61,9 μ_4 + 2,90 72 h + 26,2 MAT - 8,38 CB	0,92	0,000	91,71
5	UFL	0,181 + 0,0190 μ_4 + 0,00134 V72h + 0,00836MAT	0,89	0,000	0,04
6	UFL	0,256 + 0,232 μ_4 + 0,0111 V72 h + 0,00997 MAT - 0,00311 CB	0,92	0,000	0,03
7	UFV	0,0344 + 0,0220 μ_4 + 0,00149 V72h + 0,00868 MAT	0,89	0,000	0,04
8	UFV	0,120 + 0,0268 μ_4 + 0,00123 V72 h + 0,0105 MAT - 0,00354 CB	0,92	0,000	0,04
9	MAD/UFL	- 36,7 + 0,748 CB + 12,6 MAT	0,95	0,000	16,73
10	MAD/UFL	43,8 + 12,6 MAT - 0,379 V72 h	0,97	0,000	12,17
11	MAD/UFL	36,3 + 0,351 CB + 12,3 MAT - 0,362 V72 h	0,97	0,000	12,13

MAT : Matières azotées totales ; CB : Cellulose brute ; dMO: Digestibilité de la matière organique; EM : Energie Métabolisable (Kcal/kgMS) ; UFL : Unité Fourragère Lait ; UFV : Unité Fourragère Viande ; MAD : Matière Azotées Digestibles (g /KgMS) ; MAD/UFL : Rapport MAD/UFL en g ; μ_4 : Taux fractionnel de production de gaz à 4 h, V72h : volume de gaz mesuré à 72 h ; r : corrélation, P : probabilité, s : écart-type résiduel.

5 DISCUSSION

5.1 Composition chimique et valeurs nutritives des ligneux : Une existe différence entre les espèces en terme de composition chimique chez ces ligneux. Nijidda et Ikhimioya (2010) avaient déjà fait ce constat sur les ligneux fourragers au Nord-Est du Nigeria. En

ce qui concerne les ligneux étudiés, les teneurs en matières azotées totales (MAT) varient de 5,8 (*Monotes kerstingii*) à 19,7 % (*Pterocarpus erinaceus*) par rapport à la matière sèche (MS). Au sud du Bénin, les travaux de Babatoundé *et al.* (2011) sur les ligneux ont montré que

certaines espèces de ligneux fourragers comme *Pithecellobium dulce* peuvent doser jusqu'à 30,1 % de MAT. Ceci fait de ces ligneux de véritables banques de protéines pour la complémentation alimentaire des ruminants pendant la saison déficitaire. Remarquons que chez ces ligneux fourragers des parcours communautaires du Nord-Bénin, les teneurs en lignine (ADL) sont très importantes (en moyenne 34,5 % par rapport à la MS) et sont très variables suivant les espèces 4,4 % (*Strychnos spinosa*) et jusqu'à 74,% (*Fluggae virosa*). Des teneurs en lignines moins étendues (20 à 39 % ADL) ont été obtenues par Mebirouk-Boudechiche *et al.* (2014) sur les ligneux fourrages de la zone humide d'Algérie. En dehors de l'espèce, les conditions pédoclimatiques peuvent aussi expliquer les différences. A cette faible valeur de MAT pour l'espèce *Monotes kerstingii* est également associée une teneur importante en lignine (44,8 %). Selon certains nutritionnistes (Milford et Minson, 1966; Minson, 1990 ; Colman *et al.*, 2003), il faut un minimum de teneurs en MAT (8 % de MS) pour assurer un fonctionnement adéquat aux microorganismes du rumen. Avec l'espèce *Monotes kerstingii* on se situe dans la zone critique où les teneurs en MAT sont limitant pour le bon fonctionnement du rumen. Les récents travaux de Sidi *et al.* (2015) sur l'appétibilité des ligneux fourragers des parcours communautaires du Nord-Bénin ont confirmé que cette espèce était peu appréciée par les ruminants. Ces constats montrent assez bien que *Monotes kerstingii* ne peut pas être inséré avantageusement dans les plans d'alimentation des ruminants domestiques. Chez toutes les espèces de ligneux étudiées, il n'a pas été possible d'enregistrer une digestibilité *in vitro* de 60 % au moins pour la matière organique mesurée au gaz-test. Ces ligneux présentent une digestibilité moyenne de 43,8 % avec les extrêmes variant entre 35,1% (*Stereospermum kunthianum*) et 54,8 % (*Phyllanthus muellerianus*). Du fait de la relation étroite qui lie la digestibilité de la matière organique aux valeurs énergétiques nettes des fourrages (INRA, 1988), les teneurs UFL et UFV de ces

ligneux sont généralement faibles. Toutefois, *Daniellia oliveri* présente des teneurs appréciables en énergies nettes (0,73 UFL et 0,64 UFV/kgMS). Rivière (1991) souligne qu'il faut 0,80 UFL/kg MS et un rapport MAD/UFL = 120 g pour assurer l'engraissement des ruminants en milieu tropical. Avec une valeur moyenne de 149 g pour le rapport MAD/UFL la couverture des besoins azotés des ruminants est assurée lorsque ces ligneux sont consommés comme seul aliment. C'est au niveau énergétique qu'il faut apporter un complément car les valeurs n'excèdent pas 59 UFL/kgMS. Bien que les évaluations photochimiques ne soient pas spécifiquement réalisées sur les ligneux des parcours communautaires du Nord-Bénin, un soupçon plane sur la présence de facteurs anti-nutritionnels responsables des faibles valeurs nutritives. Plusieurs auteurs (Norton, 1994 ; Soumala *et al.*, 2014) ont rapporté la présence en quantité importante des tanins et des composés phénoliques chez des ligneux tropicaux. Ainsi, les tanins condensés, à un taux élevé (4 % MS) ont des effets dépressifs sur l'ingestion et la digestibilité des fourrages (Kumar et D'Mello, 1995 ; Njidda *et al.*, 2008 ; Njidda, 2010). Par contre, à faible teneur (2-3% de MS), les tanins condensés améliorent l'absorption des acides aminés au niveau de l'intestin grêle (Barry et McNabb, 1999). Par ailleurs, les tanins hydrolysables peuvent être nocifs pour les ruminants lorsqu'ils sont excessivement ingérés (Mueller-Harvey, 2006). Ces facteurs antinutritionnels affectent leur valeur nutritive.

5.2 Prédiction des valeurs nutritives des ligneux : Aucune corrélation n'existe entre la digestibilité *in vitro* déterminée au moyen de la pepsine cellulase et les valeurs nutritives. En ce qui concerne les fourrages herbacées de la zone tropicale humide du Bénin, Buldgen et Babatounde (2000) ont estimé avec précision les valeurs énergétiques nettes à partir de leur digestibilité *in vitro* déterminée à la pepsine-cellulase. La digestibilité de la matière organique étant le déterminant principal de la concentration en énergie métabolisable



(Nousiainen *et al.*, 2003), alors la technique de digestibilité enzymatique de la matière organique par la pepsine-cellulase n'est pas appropriée pour estimer les valeurs nutritives chez ces ligneux. La raison à l'origine de cette imprécision peut être la concentration en tanins qui réduit l'activité fibrolytique enzymatique des microorganismes adhérents aux particules alimentaires. En matière de prédiction à partir de la composition chimique, la teneur en MAT est indicatrice du niveau de digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMO) et des valeurs énergétiques nettes (UFL et UFV). Toutefois, les régressions obtenues avec ce constituant sont de faibles précisions. Ce résultat conforte les observations déjà faites par divers auteurs dont Adesogan *et al.* (1998). Comme c'est le cas pour les ligneux étudiés, l'imprécision de l'estimation de la digestibilité et des Unités Fourragères s'amplifie surtout lorsque les plantes sont de familles et de composition morphologiques différentes (Sauvant, 1981 ; Giger-Reverdin *et al.*, 1990 ; Giger-Reverdin *et al.*, 2000). Le paramètre MAT est présent dans l'estimation de la digestibilité comme c'est le cas également pour les ligneux fourragers du Nord-Est du Nigeria (Nijidda et Ikhimioya (2010) et dans toutes les équations de prédiction des valeurs énergétiques. Toutefois, ce critère seul n'est certainement pas suffisant pour prédire avec précision la digestibilité et les énergies nettes chez ces ligneux fourragers. Les meilleures précisions de l'estimation des valeurs nutritives sont obtenues en combinant les MAT avec les paramètres fermentaires notamment, le taux fractionnel de production de gaz à 4 h (μ

4h) et le volume de production de gaz à 72 h. Il est intéressant de constater que l'introduction de la cellulose (CB) dans les équations de régression améliore le coefficient de corrélation r et participe à la réduction des valeurs de l'écart type résiduels. Les précédentes équations établies par divers auteurs (Vérité et Sauvant, 1981 ; Andrieu et Weiss, 1981 ; Morrison, 1976) pour prédire les valeurs nutritives des ligneux à partir de leur composition chimique prennent toutes en compte la teneur en MAT et celle en fibres brute (CB). Par ailleurs, la précision de la technique de fermentescibilité *in vitro* en présence du jus de rumen comparée à celle de détermination de la composition chimique confirme le potentiel certain de la méthode de "gaz test" de Menke *et al.* (1979) comme technique de prédiction des valeurs nutritives des ligneux des parcours communautaires du Nord Bénin. Comme le souligne si bien Getachew *et al.* (2004), cette technique met en évidence l'ensemble des nutriments c'est à dire les fractions solubles et insolubles et les fractions qui ne sont pas fermentées donc ne contribuent pas à production de gaz. La production de gaz indique directement l'intensité de l'activité microbologique et constitue le meilleur index de l'énergie métabolisable et de ce fait des énergies nettes (UFL, UFV) contenue dans le fourrage. Elle est relativement simple à réaliser et ne nécessite pas d'équipements sophistiqués et trop coûteux. Toutefois, il est possible de tester plusieurs échantillons à la fois en une seule expérimentation. En plus, elle est reproductible entre laboratoires (Getachew *et al.*, 2002).

6 CONCLUSION

L'étude est axée sur la recherche d'une méthode alternative, simple, rapide, fiables et peu coûteuse pour l'estimation des valeurs nutritives des ligneux. Ainsi, la composition chimique, la dégradabilité enzymatique par la pepsine cellulase et la technique de fermentescibilité *in vitro* en présence de jus de rumen sont les trois méthodes expérimentées. L'étude montre notamment la difficulté de prédire les valeurs

nutritives chez les ligneux à partir des critères chimiques simples (MAT, NDF, ADF et ADL) couramment utilisés pour les espèces herbacées. En outre, la méthode enzymatique s'avère être une moins bonne technique pour prédire les valeurs nutritives chez ces ligneux. Certainement, cette méthode est insensible à certains facteurs tels que les effets associatifs et les toxines susceptibles d'affecter la dégradation



microbienne. Pour ces fourrages, les teneurs généralement élevées en lignines, la distribution de leurs matières azotées partiellement bloquées au niveau des parois indigestibles et la présence de tanins peuvent rendre nécessaire l'emploi d'autres critères chimiques tels que les matières azotées liées ou non à l'ADF (MAadf) et au

NDF (MAndf et). Pour l'instant, les résultats obtenus au moyen du gaz-test sont satisfaisants. Cette technique est relativement simple à réaliser et ne nécessite pas d'équipements sophistiqués et onéreux. Toutefois, il est possible de tester plusieurs échantillons à la fois en une seule expérimentation.

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andrieu J. and Weiss P.H : 1981. Préviation de la digestibilité et de la valeur énergétique de fourrages verts de graminées et de légumineuses. In : INRA publications (ed) : *préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Andrieu J., Demarquilly C., Wegat-Litre E, Paris., 1981, 61-79.
- AOAC : 2000. Official Methods of analysis, 17th ed., AOAC Int, Washington, DC, UAS.
- Babatounde S, Oumorou M, Alkoiret I, Vidjannagni S. and Mensah G. A : 2011. Relative Frequencies, Chemical Composition and *in vitro* Organic Matter Digestibility of Forage Consumed by Sheep in Humid Tropic of West Africa. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 1 : 39-47.
- Barry T N and McNabb WC: 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal Nutrition*, 81: 263-272.
- Coleman S.W, Hart S.P. and Sahlu T : 2003. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. *Small Ruminant Research*. 50 : 129-140.
- DE (Direction de l'Elevage) : 2007. Rapport annuel d'activité. Bénin, MAEP, 68p.
- Fall S. T : 1993. Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse doct. en Zootec. E.N.S.A.A. Montpellier, 193p.
- Fiber Analyzer A200 | ANKOM Technology. [cited 2015 Oct 26]. Available from: <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a2000>
- France J, Dijkstra J, Dhanoa MS, Lopez S and Bannik A : 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro* : derivation of models and other mathematical considerations. *Br. J Nutr* 83 : 143 - 150.
- Getachew G, Crovetto GM and Fondevila M : 2002. Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy value of ruminant feeds. *Animal Feed Sci. and Technol* 102 : 169 - 180.
- Getachew G, Robinson P. H, De Peters E.J and Taylor S. J : 2004. Relations between chemical composition dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 111 : 57-71.
- Giger-Reverdin S, Maarouli C, Bontems V, Jousse C : 2000. Interest and limits of the HFT method to evaluate the energy value of compound feeds for small ruminant. In Ledin I. (ed) Morand-Fehr P. (ed). *Sheep and goat nutrition : intake, digestion, quality of products and rangelands*. Zaragoza : CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, N° 52 : 39-42.
- Giger-Reverdin S, Aufrère J, Sauviant D, Demarquilly C, Vermorel M, and Pochet S : 1990. Préviation de la valeur énergétique des aliments des composés pour les ruminants. *INRA Prod. Anim.* 3 : 181-188.



- Guerin H : 1987. Note bibliographique sur les fourrages ligneux : rôle dans les systèmes pastoraux ou agropastoraux, productivité, valeur alimentaire. *In* actes du séminaire régionale sur les fourrages et l'alimentation des ruminants. Ngaoundéré (Cameroun), 1620 nov, 1987, IEMVT, Maisons-Alfort. 121p.
- Guérin H, Lecompte P, Lhoste P and Meyer C : 2002. Généralité sur les ruminants. *In* : Mémento de l'agronome. MAE-CIRAD-GRET, pp.1313-1324.
- Sidi H, Guedou A, Awohouedji DYG and Babatounde S : 2015. Most consumed ligneous forages in ruminant breeding on natural pasture in north of Benin. *Scientific Journal of Environmental Sciences*. 4 (3) : 89-96
- INRA : 1988. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Jarrige R. (ed). INRA publications, Paris, 471 p.
- Kone AR, Guerin H and Richard O : 1987. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. *In* études et synthèses de l'IEMVT n° 30 : pp 789-809.
- Kumar R, and D'Mello JPF: 1995. Anti-nutritional factors in forage legumes. *In* *Tropical legumes in animal nutrition* D'Mello J. P. F. and Devendra, D. (éd) CAB. International Wallingford UK, 16 : 95-133.
- Mebirouk-Boudechiche L, Cherif M, Boudechiche L and Sammar F: 2014. Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie L. *Revue Méd. Vét.*, 165, 11-12, 344-352.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D and Schneider W : 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci. Camb.* 93 : 217-222.
- Menke KH and Steingass H : 1988. Estimation of the energetic value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28 : 7-55.
- Michalet-Doreau B and Ould-Bah M Y : 1992. *In vitro* and *in sacco* methods for estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen : a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40 : 57- 87.
- Milford R, Minson DJ : 1966. Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the IX International Grasslands Congress 1* : 815 – 822.
- Minson DJ: 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.
- Morrison IM : 1976. New laboratory methods for predicting what the nutritive value of forage crops. *World Rev Animal Prod.*, 12, 75-80.
- Mueller-Harvey I : 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 86 :2010 - 2037.
- Njidda AA and Ikhimiyoia I : 2010. Correlation Between Chemical Composition and In Vitro Dry Matter Digestibility of Leaves of Semi-Arid Browsers of North-eastern Nigeria. *American-Eurasian J; Agric and Environ. Sci.*, 9 (2) : 169-175.
- Njidda AA, Ikhimiyoia II and Aliyu I : 2008. Nutritive evaluation of some browsable leaves from semi-arid region of Nigeria. *Journal Arid Agricultural*, 18 : 21-27.
- Norton BW : 1994. The nutritive value of tree legumes. *In* : Gutteridge A.C. (ed). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. 49 : 177 - 191.



- Rivière R : 1991. *Manuel de l'alimentation des ruminants en milieu tropical*. Paris, France : la Documentation Française, 527 p.
- Sarr O, Diatta S, Gueye M, Ndiaye PM, Guisse A, and Akpo LE : 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest). *Revue Méd. Vét.*, 164, 1, 2-8
- Sinsin B, Oloulotan S and Oumorou M : 1989. Les pâturages de saison sèche de la zone soudanienne du Nord Bénin. *Rev. Méd. Vét. Pays Tropicaux* 42 (2): 283-288
- Soulama S, Sanon HO, Meda RN, Boussim JI : 2014. Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso. *Afrique science* 10(4) : 180 - 190.
- Skerman PJ : 1982. *Les légumineuses fourragères tropicales*. Collection : Production végétale et protection des plantes. 2. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization (FAO), 666 p
- Van Soest PJ, Robertson JB Lewis BA : 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 : 3583-3597.
- Vanderhaegen, S. and Biston, R : 1987. Estimation *in vitro* de la digestibilité des herbages. Adaptation de la méthode pepsine-cellulase au système Fibertec enzymatique. *Bulletin de Recherches Agronomiques de Gembloux* 22 (3): 209.
- Verite R., Sauvant D : 1981. : valeur azotée des concentrés in prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Editions INRA publications, Versailles. 279-296.