Journal of Applied Biosciences 105:10134 –10151

ISSN 1997–5902

Production de gaz *in vitro* et valeur nutritive des fanes de seize variétés à usage multiple de niébé (*Vigna unguiculata* L, Walp) cultivées au Bénin

[redacted]

RÉSUMÉ

Objectif : la production de gaz et la valeur nutritive des fanes de seize nouvelles variétés à usage multiple de niébé (*V. unguiculata*), mises au point par International Institute of Tropical Agriculture (IITA) a été évaluée en vue de leur valorisation en alimentation des ruminants.

Méthodologie et résultats : la composition chimique, la digestibilité de la matière organique, les énergies nettes et les valeurs azotées ont été déterminées. Les teneurs en MAT ont varié très significativement (p<0,001) de 7,6 à 22,4 %. Ces fanes étaient très fibreuses (ADF = 58,4 %). L'incubation en seringues a révélé un temps de latence assez court (0,84 h) avec une production rapide et élevée de gaz (Vf = 213,6 ml/gMS). Leur digestibilité (60,0 %) et les énergies nettes étaient élevées (0,78 UFL et 0,71 UFV/kg de MS). Cinq (5) variétés (IT06K-91-1, IT07K-187-55, IT89KD-288, IT06K-108, IT06K-123-1) ont présenté le rapport MAD/UFL supérieur à 120 g.

Conclusion et applications des résultats : théoriquement toutes les variétés peuvent couvrir largement les besoins d'entretien d'un mouton standard pesant 30 kg et même lui assurer un gain de plus de 50g par jour. Toutefois, des essais d'alimentation avec ces fanes de niébé comme compléments alimentaires doivent être entrepris en milieu réel afin de confirmer les performances théoriques enregistrées sur les ruminants.

Mots clés: Fanes de niébé, composition chimique, fermentescibilité *in vitro*, digestibilité, énergie, Bénin.

In vitro gas production and nutritive value of sixteen multi-purpose cowpea haulms varieties (_Vigna unguiculata_ L, Walp) cultivated in Benin

ABSTRACT

Objective: *In vitro* gas production and nutritive value of 16 new multi-purpose cowpea haulms varieties developed by International Institute of Tropical Agriculture (IITA) was evaluated for their valorisation in the feed for ruminants in Benin.

Methodology and results: Chemical composition, digestibility, net energy values and nitrogen values of the haulms were evaluated. Crude protein content varied significantly (p<0,001) from 8.3 to 16.9 %. They were very rich in fibre (ADF = 58.4 %). Incubation in syringes revealed a short lag time (0.84 hours) and very high gas production (FV = 213.6 ml/gDM). Digestibility (60 %) and net energy values in French Unit System were high (0.78 UFL and 0.71 UFV/kg DM). Ration protein and energy (MAD/UFL) were higher than120 g for 5 varieties (IT06K-91-1, IT07K-187-55, IT89KD-288, IT06K-108, IT06K-123-1).

Conclusion and applications of the results: Theoretically, the nutritive value of all varieties of the cowpea haulms can ensure maintenance (energy and nitrogen) and a gain than 50 g/day for sheep weighing 30 kg. However, a feeding experiment with these cowpea haulms as feed supplements must be carried out by farmers's in order to evaluate the real performances that these cowpea haulms in ruminants.

Keywords: Cowpea haulms, Chemical composition, gas-test, digestibility, energy, Benin.

INTRODUCTION

La population humaine en Afrique subsaharienne continue de croître. C'est l'une des régions du monde ayant les plus forts taux de croissance démographique avec une population devant atteindre 1,4 milliards d'habitants d'ici 2050 (Thornton *et al*., 2002). Les besoins pour nourrir ces populations sont élevés. Il existe en En Afrique de l'Ouest une pression croissante d'expansion et d'intensification de la production agricole pour faire face à cette demande élevée de nourriture. L'intégration de l'agriculture et de l'élevage étant l'une des réponses à cette pression, de plus en plus d'exploitants l'ont adoptée mais à des gradients divers. Dans les systèmes agraires de cette région notamment dans les zones de savane, la majorité des agroéleveurs pratique le plus souvent l'association des céréales avec les légumineuses dont le niébé et l'arachide. Les grains récoltés reviennent à la consommation humaine tandis que les résidus de culture tels que les pailles et les fanes constituent une source essentielle de fourrage pour le bétail (Kristjanson *et al*., 2002). Ces résidus occupent la deuxième place après les parcours en tant que ressources fourragères dans les zones tropicales et subtropicales. Ils gagnent en importance lorsque davantage de terres sont cultivées, et dans certaines régions, ils ont même dépassé les fourrages naturels dans l'alimentation des ruminants (Bayer et Waters-Bayer, 1999). Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) est l'une des plus importantes sources de nourriture pour les populations humaines et le bétail. Il fut introduit dans les zones semi-arides incluant l'Asie, l'Afrique, l'Europe méridionale, les États du Sud-est des États-Unis ainsi que l'Amérique Centrale et Latine (Singh, 2005 ; Timko *et al*., 2007). Il est cultivé de manière extensive dans 16 pays africains, et le continent africain à lui seul produit plus des 2/3 de la production mondiale (Anele *et al*., 2011b). En effet, de 2003 à 2014, l'Afrique a produit annuellement en moyenne 5,43 millions de tonnes de graines de niébé soit 95,3 % de la production mondiale dont 4,72 millions de tonnes pour l'Afrique de l'Ouest soit 87,5 % de la production africaine (FAOSTAT, 2015). C'est une légumineuse multifonctionnelle ayant une grande importance économique, agronomique et sociale (Timko et Singh, 2008). De plus, il a une importance égale dans la nutrition du bétail (Singh et Tawarali, 1997). En effet, en Afrique de l'Ouest après la récolte des gousses, les fanes de niébé plus ou moins vertes sont coupées et mises en petites bottes. Ces bottes de fanes stockées sur les plafonds dans les maisons, sur des supports ou dans les fourches des arbres sont vendues

comme complément alimentaire pendant la saison sèche et/ou utilisées dans l'exploitation comme une ressource alimentaire pour le bétail (Singh et Tawarali, 1997 ; Singh *et al*., 2003). Elles constituent de ce fait, un produit de haute importance en Afrique subsaharienne (Savadogo *et al.,* 2000a) et contiennent environ 45 à 65 % de tiges et 35 à 50 % de feuilles et parfois les racines (Anele *et al.,* 2012). Au Bénin, dans les six départements du Nord et du Centre, 600,5 tonnes de fanes séchées de niébé ont été stockées en 2013 par les agroéleveurs dont près de 90 % dans les seuls départements de Borgou et de l'Alibori (DE, 2014). La valeur nutritive des graines et des fanes de niébé est très élevée. En effet, les teneurs en matières azotées totales (MAT) varient de 22 à 30 % de la matière sèche (MS) dans les graines (Bressani, 1985, Nielsen *et al.*, 1997 ; Singh *et al.*, 2003) et 13 à 17 % dans les fanes (Tawarali *et al.*, 1997 ; Singh *et al.*, 2003). En Afrique de l'Ouest, des études ont été menées ces dernières années sur la détermination de la valeur nutritive des fanes de niébé à usage multiple, à travers la composition chimique (Savadogo *et al*., 2000a et b ; Anele *et al*., 2011a et b ; Anele *et al*., 2012), la digestibilité *in vitro* de la matière organique (Anele *et al*., 2011b ; Antwi *et al*., 2014b). Les études de fermentescibilité *in vitro* en présence de jus de rumen (gaz-test) sur les fanes de niébé ainsi que la digestibilité de la matière organique et les valeurs énergétiques exprimées à partir du gaz-test de Menke *et al*. (1979), de même que les conditions de leur valorisation dans l'alimentation des ruminants sont mal connues. Ces connaissances sont pourtant fondamentales afin de pouvoir les sélectionner, en améliorer leur utilisation et les faire entrer à dessein dans les plans d'alimentation des ruminants domestiques au Bénin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site expérimental : La productivité au champ des variétés de niébé a été réalisée sur le site du Centre de Recherche Agricole Sud (CRA-Sud) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin situé dans l'arrondissement de Sékou. De latitude 2°19' Est et de longitude 6°12' Nord, ce site est caractérisé par un sol ferralitique dénaturé à kaolinite (Dissou, 1986). Il bénéficie d'un climat subéquatorial caractérisé par deux saisons pluvieuses allant de mi-mars à mi-juillet et de mi-septembre à mi-novembre ; et deux saisons sèches allant de mi-novembre à mi-mars et de mi-juillet à mi-septembre (Adam et Boko, 1993). La pluviométrie moyenne est de 1°200 mm avec la température moyenne qui varie entre 27 et 29 C et une humidité relative qui atteint en moyenne 70 % (Achigan *et al*, 2006). Les principales cultures sont le maïs en tête de rotation, le manioc, le niébé et l'arachide. Les principales espèces d'élevage sont constituées de la volaille, le lapin, les petits ruminants (Boko, 1988).

Origine des fanes : L'expérimental a porté sur les variétés de niébé à but multiples obtenues de l'ICRISAT à travers le centre de biodiversité de l'IITA Bénin. Après l'évaluation agronomique des variétés de niébé (tableau 1) les fanes ont été prélevées pour l'évaluation de leurs valeurs nutritives.

Analyse chimique : 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 et nb sp A200I). Cette méthode ANKOM est plus précise par rapport aux méthodes classiques de détermination des fibres préconisées par Van Soest *et al*, (1991). La plupart des éléments de la variabilité technique sont éliminés et il n'y a qu'une seule étape de filtration séparée, donc des résultats cohérents sont atteints à chaque fois. Les échantillons de fanes sont enrôlés dans des sacs poreux ce qui élimine les erreurs de transfert d'échantillons et permet à tous les échantillons d'être traités ensemble dans un lot unique. Par la suite, l'*Acid Detergent Lignin* (ADL) et les hémicelluloses ont été calculées selon NRC (2001) suivant les formules :

ADL = ADF – CB
Hemicelluloses = NDF - ADF

Tableau 1: Caractéristiques des variétés de niébé

Nom des variétés	Port(1)	Maturité(2)	Texture(3)	Poids de 100 graines (mg)	Taille des graines(4)
IT89KD-288	Semi-érigé	Tardive	WR	16,91	L
IT04K-227-4	Prostré	Précoce	BR	15,92	I
IT06K-108	Semi érigé	Précoce	WR	17,07	L
IT06K-123-1	Semi-érigé	Précoce	WR	17,28	L
IT06K-135	Prostré	Précoce	WR	15,79	I
IT6K-147-1	Prostré	Précoce	WR	15,17	I
IT06K-147-2	Semi-érigé	Précoce	WR	15,16	I
IT06K-91-11-1	Semi-érigé	Précoce	WS	15,25	I
IT06K-270	Semi-érigé	Précoce	BR	15,50	I
IT07K-187-55	Prostré	Précoce	WS	17,89	L
IT07K-249-1-1	Semi-érigé	Précoce	WR	14,63	P
IT07K-300-12	Semi-érigé	Précoce	WR	15,81	I
IT07K-309-44	Semi-érigé	Précoce	WR	15,02	I
IT06K-91-1	Semi-érigé	Précoce	WS	15,76	I
NI86-650-3	Semi-érigé	Précoce	BS	10,77	P
IT95K-193-12 (témoin)	Semi-érigé	Précoce	WS	16,46	L

(1) Port : Érigé, Semi-érigé, Prostré.
(2) Maturité : Extra-précoce = 60–69 jours ; Précoce= 70–79 jours ; Intermédiaire= 80–89 jours ; Tardif= 90–120 jours.
(3)Texture graines : BR = Brun rugueux ; BS = Brun lisse ; WR = Blanc rugueux ; CR = Crème rugueux.
(4)Taille graines : M = Intermédiaire ; L = Grosse ; S = Petite.

Étude de la fermentescibilité *in vitro* des fanes en présence de jus de rumen : Les fanes de seize (16) nouvelles variétés à usage multiple de niébé ont fait l'objet d'étude de la 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 pesant en moyenne 30 kg. 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. C_1 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). Cette ration a été distribuée aussi bien en période pré - expérimentale qu'expérimentale. La composition centésimale de la ration est la suivante : 70 % de *Panicum maximum* var. C_1 frais + 30 % de concentré. C'est-à-dire 35 g/kg PV *Panicum maximum* var. C_1 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 fanes (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 trois (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 selon une suite arithmétique de raison 2 heures les huit premières et de raison 4 heures de 8 heures à 12 heures, puis selon une suite géométrique de raison 2 heures entre 12 et 48 heures, et enfin selon une suite arithmétique de raison 24 heures de 48 heures à 144 heures c'est-à-dire aux heures 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, et 144. Les volumes de gaz moyens produits ont été ajustés au modèle mathématique de France *et al*. (1993) :

$$Y = A[1- e^{[-b(t-T) - c(\sqrt{t}-\sqrt{T})]}] \text{ si } t \geq T$$

$$Y = 0 \text{ si } 0<t<T$$

Y est le volume cumulé de gaz au temps t (ml), t le temps d'incubation (h), T est le temps de latence (h), A (ml/g MS) est la production potentielle (maximale) de gaz c'est-à-dire l'asymptote (au temps $t=\infty$), et b (h^{-1}) et c ($h^{-1/2}$) sont des constantes. L'équation du modèle établi une courbe cinétique théorique à partir des valeurs observées de volume de gaz. Le calcul a été réalisé par 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 (V_{final}), le temps de latence (Lat), les taux fractionnels de production de gaz (μ), le temps nécessaire à la production de la moitié du volume maximal de gaz ($t=T_{/2}$ pour $Y=\frac{A}{2}$) et $\mu_{T/2}$, taux fractionnel de production de gaz au temps $t=T_{/2}$. Ces deux derniers paramètres cinétiques ont été calculés à partir de modèle précédent suivant les formules :

$$T/2 = \frac{\left[\left[-c + \sqrt{\left[c2 + 4b\left(bT + c\sqrt{T} - \ln\frac{1}{2}\right)\right]}\right]2\right.}{4b^2}$$

$$\mu_{T/2} = b + \frac{c}{2\sqrt{T/2}} \text{ si } t \geq T$$

La dégradabilité théorique (DT) des fanes a été déterminée selon le modèle proposé par France *et al.* (1993) avec un taux de sortie des particules k de 5 %.

Méthode d'établissement des valeurs nutritives : En utilisant les équations de régression de Menke et Steingass (1988), le volume de gaz mesuré après 24 heures (V_{24h}, en ml/200 mg de MS) a été associé aux MAT et CT (g/kg MS) pour estimer la digestibilité *in vivo* de la matière organique (dMO) à partir de l'équation suivante :

dMO (%) = 15,38 + 0,8453 V_{24h} + 0,0595 MAT + 0,0675 CT (R^2 = 0,91 ; ETR = 4,48 ; n = 185).

L'énergie brute (EB) de chaque fane a été estimée à partir de l'équation de régression suivante proposée par Richard *et al.* (1990) pour les fanes de légumineuses en fonction de leur teneur en MAT (g/kg de MO) :

EB (kcal/kg MO) = 4 516 + 1,646MAT – 39 (r= 0,89 ; ETR = 39 ; n = 139).

L'énergie métabolisable (EM) a été calculée selon Menke et Steingass (1988) à partir de la relation suivante :

EM (kcal/kg MS) = (0,15 + 0,1557 dMO + 0,0130 CT) x 1000/4,18 (R^2 = 0,95 ; ETR = 4,08 ; n = 185).

La valeur énergétique a été estimée dans le nouveau système français (INRA, 1988) des Unités Fourragères pour la lactation (UFL) et pour l'entretien et l'engraissement (UFV). Le niveau de production retenu a été de 1,5. La valeur azotée des fanes a été établie à partir de l'équation de prédiction suivante proposée par Jarrige et Demarquilly (1981) :

MAD = 0,929 MAT – 3,52 (MAD et MAT en % de MS).

Pour les rapports MAD/UFL, les teneurs en MAD converties en g/kg de MS ont été ensuite rapportées à celles des UFL.

Analyses statistiques : La statistique descriptive en termes de moyenne, d'écart-type 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 fanes de niébé. Le logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9,2 a été utilisé pour les analyses statistiques qui ont porté essentiellement sur des analyses de variance à un facteur (variétés). Les valeurs moyennes ont été comparées entre elles à l'aide du test de Student Newman Keuls au seuil de 5%. La détermination des classes de variétés a été faite avec des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC). Ce qui a permis, à partir des tableaux d'inertie, d'avoir les taux d'inertie et des valeurs propres des axes principaux.

RÉSULTATS

Composition chimique des fanes : Excepté la teneur en cellulose brute (CB), la composition chimique des fanes des variétés de niébé a varié très significativement (p<0,001). Après la récolte des gousses, en général ces fanes étaient encore assez fraîches et riches en eau comme en témoignent leurs teneurs relativement faibles en MS (tableau 2). Leurs teneurs en MAT ont été moyennes et très variables du simple au double entre la moins riche en MAT IT06K-135 et la plus riche IT07K-187-55. Le tiers des variétés a présenté des taux de MAT supérieurs à la moyenne. Par contre, les fanes de niébé étaient particulièrement riches en constituants pariétaux où plus de la moitié des variétés a présenté des taux supérieurs à la moyenne. En effet, pour tous les échantillons leurs teneurs en NDF et ADF ont été proches ou supérieures à 50 % de MS. Les fanes de niébé étaient lignifiées avec des taux en ADL très variables notamment les variétés IT06K-147-2, NI86-650-3 et IT89KD-288 qui avaient encore les plus faibles teneurs en hémicelluloses avec moins de 2 % de MS.

Tableau 2 : Composition chimique des fanes de niébé (% MS)

Nom des variétés	MS	CT	MO	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Hémicel.
IT89KD-288	21,55±0,7^{ab}	9,36±0,0^{bcd}	90,65±0,0^{abc}	14,72±1,7^{b}	75,63±1,4^{cd}	73,78±0,2^{a}	38,40±1,0^{ab}	35,38±0,8^{a}	1,84±1,2^{g}
IT04K-227-4	26,44±0,4^{a}	12,90±0,7^{ab}	87,10±0,7^{cd}	13,73±0,7^{d}	64,48±1,0^{h}	57,68±0,2^{ef}	20,45±6,0^{c}	37,23±5,8^{a}	6,80±0,8^{f}
IT06K-108	25,46±0,0^{a}	11,89±0,1^{abc}	88,11±0,1^{bcd}	13,41±0,5^{e}	69,70±1,8^{g}	58,96±0,2^{e}	31,75±0,9^{bc}	27,21±0,7^{a}	10,75±0,8^{e}
IT06K-123-1	25,22±0,1^{a}	7,71±0,2^{cd}	92,29±0,2^{ab}	12,44±0,8^{h}	76,40±0,8^{c}	47,26±0,3^{i}	18,35±0,5^{c}	28,91±0,8^{a}	29,14±0,5^{a}
IT06K-135	25,36±0,2^{a}	10,20±0,1^{abcd}	89,80±0,1^{abcd}	8,33±0,4^{p}	72,27±0,2^{ef}	56,69±1,0^{f}	24,76±0,9^{c}	31,92±2,0^{a}	15,59±0,8^{d}
IT6K-147-1	23,95±1,7^{a}	11,23±0,1^{abcd}	88,77±0,1^{abcd}	9,65±0,7^{n}	68,14±1,3^{g}	53,80±1,5^{g}	20,48±1,5^{c}	33,32±0,3^{a}	14,35±0,2^{d}
IT06K-147-2	23,48±2,0^{a}	10,98±0,0^{abcd}	89,02±0,0^{abcd}	11,66±0,8^{k}	73,68±1,1^{de}	72,30±1,1^{ab}	46,56±7,1^{a}	25,73±8,2^{a}	1,39±0,0^{g}
IT06K-91-11-1	23,52±0,1^{a}	14,55±1,6^{a}	85,45±1,6^{d}	10,00±0,8^{m}	78,13±1,0^{b}	55,60±1,0^{fg}	19,13±0,1^{c}	36,47±0,9^{a}	22,53±0,0^{b}
IT06K-270	21,35±2,4^{ab}	6,99±0,0^{d}	93,01±0,0^{a}	12,24±0,8^{j}	80,22±0,2^{a}	51,76±0,3^{h}	20,89±1,7^{c}	30,87±1,4^{a}	28,46±0,0^{a}
IT07K-187-55	22,94±1,3^{ab}	14,66±0,0^{a}	85,34±0,0^{d}	16,91±0,7^{a}	75,13±0,2^{cd}	68,25±1,7^{c}	37,63±1,9^{ab}	30,63±0,1^{a}	6,87±1,6^{f}
IT07K-249-1-1	18,06±0,8^{b}	9,82±0,1^{bcd}	90,18±0,1^{abc}	12,28±0,8^{i}	74,04±0,8^{de}	55,54±0,2^{fg}	20,01±0,3^{c}	35,52±0,5^{a}	18,51±0,7^{c}
IT07K-300-12	23,70±0,8^{a}	12,53±2,4^{ab}	87,47±2,4^{cd}	12,45±0,8^{g}	69,06±0,4^{g}	47,86±0,2^{i}	22,44±4,2^{c}	25,41±4,5^{a}	21,21±0,2^{b}
IT07K-309-44	24,12±2,2^{a}	12,58±0,7^{ab}	87,42±0,7^{cd}	13,99±0,7^{c}	67,52±1,0^{g}	62,80±0,0^{d}	33,71±1,9^{bc}	29,09±1,9^{a}	4,72±1,0^{f}
IT06K-91-1	20,95±0,3^{ab}	12,83±1,6^{ab}	87,17±1,6^{cd}	12,71±0,7^{f}	67,79±1,0^{g}	51,40±0,0^{h}	20,41±1,4^{c}	30,99±1,4^{a}	16,39±1,0^{cd}
NI86-650-3	20,65±0,6^{ab}	14,97±0,0^{a}	85,03±0,0^{d}	9,39±0,8^{o}	71,63±0,5^{f}	70,91±0,4^{b}	40,85±0,1^{ab}	30,06±0,3^{a}	0,72±0,1^{g}
IT95K-193-12 (témoin)	25,51±1,1^{a}	10,82±0,0^{abcd}	89,18±0,0^{abcd}	11,45±1,0^{l}	61,20±1,7^{i}	50,03±1,2^{h}	20,92±1,0^{c}	29,12±0,2^{a}	11,16±0,5^{e}
F-value	*4,21***	*6,98****	*6,98****	*99,5****	*102, 4****	*241,64****	*10,47****	*1,'1^{ns}*	*134,35****
Moyenne	**23,27**	**11,50**	**88,50**	**12,21**	**71,56**	**58,41**	**27,29**	**31,12**	**13,15**
Minimum	17,25	6,99	83,86	7,58	59,52	46,91	14,38	17,48	0,61
Maximum	26,85	16,14	93,01	22,35	80,45	73,99	53,69	43,06	29,68
CV (%)	*6,6*	*10,9*	*1,4*	*12,3*	*1,0*	*1,3*	*14,9*	*13,9*	*13,1*

MS : matière sèche ; CT : cendres totales ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; ADF : acid detergent fiber ; ADL : acid detergent lignin ; CB : cellulose brute ; Hémicel. : Hémicelluloses.

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de $p < 0,05$.

CV : coefficient de variation ; ns : non significative ($p>0,05$) ; * $p < 0,05$; **$p<0,01$; *** $p<0,001$.

Fermentation en seringues et paramètres cinétiques de production de gaz : Les paramètres cinétiques de production de gaz des fanes de niébé présentés dans le tableau 3 ont montré que le délai nécessaire à la population microbienne adhérente pour se développer et augmenter sa concentration en enzymes (temps de latence) a été très faible. Les 4/5 des fanes ont mis moins d'une heure pour commencer la fermentation en l'occurrence les variétés IT06K-147-1, IT06K-135 et IT06K-227-4. Ainsi, le processus fermentaire s'est déroulé très rapidement comme l'ont montré les taux fractionnels de production de gaz au temps $T_{/2}$ ($\mu_{T/2}$) pour lequel la moitié de la production maximale de gaz a été obtenue. Par ailleurs, aucune différence significative ($p<0,05$) n'a existée entre les valeurs obtenues pour le temps de latence et $\mu_{T/2}$. Par contre, le temps $T_{/2}$, le volume de gaz produit après 24 h d'incubation (V_{24h}), le volume final de gaz produit (V_{final}) et la production potentielle de gaz (A) ont varié très significativement ($p<0,001$). Les fanes de niébé ont présenté une production rapide et élevée de gaz. En effet, en moyenne après 10 heures d'incubation ($T_{/2}$), elles ont déjà produit la moitié de gaz total. Aussi, la production de gaz régulière et croissante les 48 premières heures d'incubation pour toutes les variétés de fanes, a été considérablement ralentie au-delà de cette période. Après 72 heures, la phase asymptotique a été presque atteinte et l'essentiel du volume total de gaz a été produit (figure 1). Seules les variétés IT89KD-288, IT06K-108, IT06K-123-1 et le témoin IT95K-193-12 ont produit moins de 200 ml/g de MS. En outre, potentiellement le volume de gaz produit par toutes les fanes a été plus important (plus de 220 ml/g de MS). Pour la dégradabilité théorique (DT), elle a été en général moyenne et peu variable ($p>0,05$).

Tableau 3 : Paramètres cinétiques de production de gaz des fanes de niébé (n = 16)

Nom des variétés	Temps (heures)		$\mu_{T/2}$ (%/h)	Volume de gaz (ml/g MS)			DT (% MS)
	latence	$T_{/2}$		V_{24h}	V_{Final}	A	
IT89KD-288	1,03±0,1^{a}	10,36±0,4^{a}	0,071±0,0^{a}	148,29±1,7^{c}	183,60±1,0^{bc}	229,51±1,3^{b}	53,78±0,3^{a}
IT06K-227-4	0,62±0,0^{a}	9,79±0,3^{a}	0,074±0,0^{a}	177,19±8,3^{abc}	215,30±12,1^{abc}	269,12±15,2^{ab}	54,89±0,3^{a}
IT06K-108	1,42±0,3^{a}	9,21±3,9^{a}	0,076±0,1^{a}	147,06±19,5^{c}	179,01±21,4^{c}	223,76±26,7^{b}	54,72±0,8^{a}
IT06K-123-1	0,72±0,3^{a}	9,09±1,6^{a}	0,076±0,5^{a}	163,05±9,8^{abc}	198,40±14,8^{abc}	265,70±3,1^{ab}	55,13±0,6^{a}
IT06K-135	0,61±0,3^{a}	10,73±0,6^{a}	0,069±0,0^{a}	169,26±5,4^{abc}	210,98±7,3^{abc}	263,72±9,2^{ab}	53,38±0,4^{a}
IT06K-147-1	0,47±0,2^{a}	10,24±0,4^{a}	0,069±0,0^{a}	170,57±3,6^{abc}	211,81±2,5^{abc}	264,77±3,1^{ab}	54,07±0,5^{a}
IT06K-147-2	0,64±0,1^{a}	10,47±0,4^{a}	0,066±0,0^{a}	191,58±1,5^{ab}	242,22±3,5^{a}	302,77±4,4^{a}	53,45±0,5^{a}
IT06K-91-11-1	0,81±0,2^{a}	10,78±1,4^{a}	0,061±0,1^{a}	181,40±0,9^{abc}	235,84±4,8^{a}	294,80±6,0^{a}	52,45±0,8^{a}
IT06K-270	0,74±0,2^{a}	9,75±0,7^{a}	0,076±0,1^{a}	188,30±3,3^{ab}	226,64±5,2^{ab}	283,31±6,3^{a}	54,87±0,4^{a}
IT07K-187-55	1,31±0,5^{a}	10,91±0,4^{a}	0,062±0,0^{a}	165,20±12,4^{abc}	214,94±13,0^{abc}	268,68±16,3^{ab}	52,09±1,1^{a}
IT07K-249-1-1	0,98±0,0^{a}	9,08±0,5^{a}	0,072±0,0^{a}	188,49±2,3^{ab}	231,42±4,6^{a}	289,27±5,7^{a}	55,02±0,4^{a}
IT07K-300-12	0,73±0,1^{a}	10,12±1,2^{a}	0,069±0,0^{a}	192,91±4,0^{a}	240,75±2,9^{a}	300,94±3,7^{a}	53,92±1,0^{a}
IT07K-309-44	0,59±0,0^{a}	9,75±0,5^{a}	0,067±0,0^{a}	182,72±6,0^{abc}	228,56±6,0^{ab}	285,70±7,5^{a}	54,27±0,4^{a}
IT06K-91-1	0,83±0,1^{a}	10,90±0,7^{a}	0,059±0,0^{a}	159,63±1,4^{abc}	210,00±4,2^{abc}	262,50±5,3^{ab}	52,15±1,0^{a}
NI86-650-3	0,71±0,2^{a}	9,75±0,2^{a}	0,068±0,0^{a}	164,32±5,3^{abc}	205,29±6,8^{abc}	256,61±8,6^{ab}	54,25±0,4^{a}
IT95K-193-12 (témoin)	1,20±0,2^{a}	9,69±1,3^{a}	0,089±0,0^{a}	155,19±6,2^{bc}	183,76±13,3^{bc}	229,70±16,7^{b}	55,22±1,4^{a}
F-value	*1,64^{ns}*	*3,13***	*1,52^{ns}*	*4,23****	*4,46****	*4,90****	*1,97^{ns}*
Moyenne	**0,84**	**9,14**	**0,070**	**171,57**	**213,66**	**268,18**	**53,98**
Minimum	0,11	8,40	0,054	109,37	140,01	175,01	49,91
Maximum	2,29	12,36	0,128	198,39	247,51	309,39	58,06
CV (%)	*44,7*	*95,7*	*127,1*	*7,4*	*7,7*	*7,2*	*2,4*

$T_{/2}$: temps nécessaire pour la production de la moitié du volume total ; $\mu_{T/2}$: taux fractionnel de production de gaz à $T_{/2}$; V_{24h} : volume de gaz produit à 24 heures d'incubation ; V_{final} : Volume final de gaz produit ; DT : dégradabilité théorique ; A : production potentielle de gaz au temps t=∞ ; CV : coefficient de variation.

ns : non significative ($p>0,05$) ; * $p < 0,05$; **$p<0,01$; *** $p<0,001$.

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de $p < 0,05$.

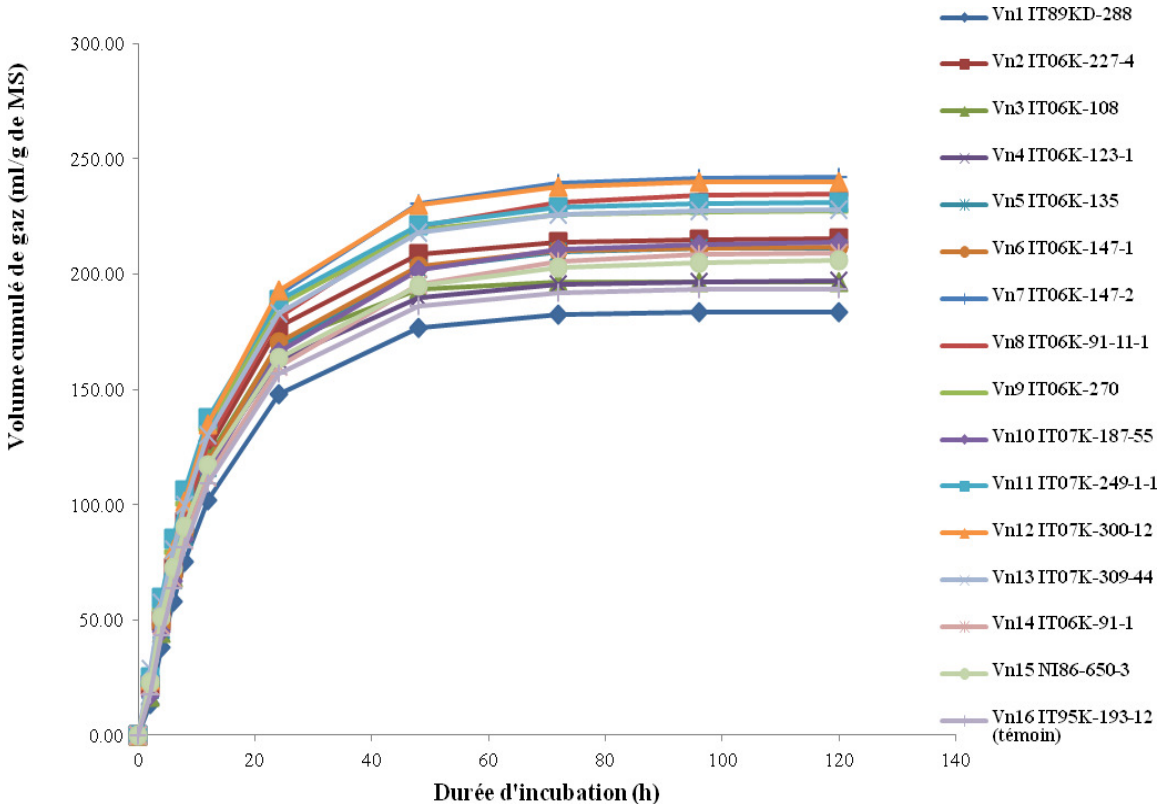


Figure 1 : Productions de gaz obtenues au cours du temps pour les fanes de niébé

Digestibilité *in vitro* de la matière organique et valeur nutritive des fanes : Dans le tableau 4 sont présentées la digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMO) en présence du jus de rumen et les valeurs nutritives des fanes des différentes variétés de niébé. Une différence très significative (p<0,001) a existé aussi bien pour la dMO que pour les valeurs énergétique et azotée. Environ la moitié des fanes des variétés de niébé a présenté une digestibilité supérieure à 60 % de MS. Les variétés les plus digestibles ont été IT07K-300-12, IT07K-187-55 et IT07K-309-44 tandis que le témoin IT95K-193-12 a été la moins digestible. De même les valeurs énergétiques des fanes étaient élevées du fait de la corrélation très étroite qui existe entre elles et la digestibilité de la matière organique. Ainsi, la moitié d'entre elles a dosé au moins 0,80 UFL et 0,70 UFV/kg de MS. Par ailleurs, la digestibilité et les valeurs énergétiques des fanes ont peu varié, comme l'ont montré les coefficients de variation calculés. Les valeurs azotées des fanes de niébé ont été plus variables que les valeurs énergétiques (tableau 4). Ainsi, la teneur en MAD des fanes a varié du simple au triple entre la moins riche IT06K-135 (MAD = 48,5 g) et la plus riche IT07K-187-55 (MAD = 138,8 g). En outre, d'autres fanes étaient tout aussi riches en azote comme les fanes des variétés IT8KD-288, IT06K-91-1 et IT07K-300-12. De même, les rapports MAD/UFL ont été particulièrement élevés pour tous les types de fanes sauf la variété IT06K-135. Cinq (5) variétés (IT06K-91-1, IT07K-187-55, IT89KD-288, IT06K-108, IT06K-123-1) ont présenté le rapport MAD/UFL supérieur à 120 g.

Tableau 4 : Digestibilité *in vitro* de la matière organique et valeur nutritive des fanes des variétés de niébé.

Nom des variétés	dMO (% MS)	Valeur énergétique (/kg MS)		Valeur azotée	
		UFL	UFV	MAD (g/kg MS)	MAD/UFL
IT89KD-288	55,93±0,3^{c}	0,72±0,0^{d}	0,63±0,0^{c}	107,87±7,5^{b}	150,38±11,1^{ab}
IT06K-227-4	62,32±1,4^{ab}	0,82±0,0^{abc}	0,75±0,0^{ab}	94,05±4,4^{bc}	114,95±6,8^{bcd}
IT06K-108	57,33±3,3^{bc}	0,74±0,0^{cd}	0,66±0,1^{bc}	95,67±7,5^{bc}	131,31±19,2^{bc}
IT06K-123-1	55,96±1,7^{c}	0,72±0,0^{d}	0,63±0,0^{c}	86,73±7,5^{bc}	121,46±11,6^{bcd}
IT06K-135	56,24±0,9^{c}	0,72±0,0^{d}	0,64±0,0^{c}	48,53±7,5^{d}	66,74±9,2^{e}
IT06K-147-1	57,92±0,6^{bc}	0,75±0,0^{cd}	0,67±0,0^{bc}	71,29±17,3^{cd}	94,71±21,8^{cde}
IT06K-147-2	62,52±0,3^{ab}	0,82±0,2^{abc}	0,75±0,0^{ab}	79,42±7,5^{bc}	96,83±9,3^{cde}
IT06K-91-11-1	62,90±0,2^{ab}	0,83±0,1^{abc}	0,76±0,0^{ab}	74,54±17,3^{cd}	89,63±20,6^{cde}
IT06K-270	59,32±0,6^{abc}	0,77±0,0^{bcd}	0,69±0,0^{bc}	80,23±4,4^{bc}	104,63±4,7^{cd}
IT07K-187-55	64,35 ± 2,1^{a}	0,85±0,0^{ab}	0,79±0,0^{a}	138,76±17,3^{a}	162,38±18,0^{a}
IT07K-249-1-1	62,26±0,4^{ab}	0,81±0,0^{abc}	0,74±0,0^{ab}	95,67±17,3^{bc}	117,28±20,8^{bcd}
IT07K-300-12	64,64±0,7^{a}	0,86±0,0^{a}	0,80±0,0^{a}	97,30±17,3^{bc}	112,92±19,2^{bcd}
IT07K-309-44	63,20±1,0^{ab}	0,83±0,0^{abc}	0,76±0,0^{ab}	96,49±4,4^{bc}	116,07±7,0^{bcd}
IT06K-91-1	59,67±0,2^{abc}	0,78±0,0^{abcd}	0,70±0,0^{abc}	99,74±17,3^{bc}	127,94±21,7^{bcd}
NI86-650-3	59,93±0,9^{abc}	0,79±0,0^{abcd}	0,71±0,0^{abc}	68,85±17,3^{cd}	87,84±22,2^{de}
IT95K-193-12 (témoin)	55,84±1,0^{c}	0,72±0,0^{d}	0,63±0,0^{c}	72,91±4,4^{cd}	101,33±4,3^{cde}
F-value	*6,75****	*7,39****	*7,47****	*9,25****	*8,15****
Moyenne	**60,04**	**0,78**	**0,71**	**88,00**	**112,28**
Minimum	50,96	0,65	0,55	35,23	49,93
Maximum	66,86	0,89	0,83	172,43	193,06
CV (%)	*3,6*	*4,1*	*5,3*	*13,1*	*12,9*

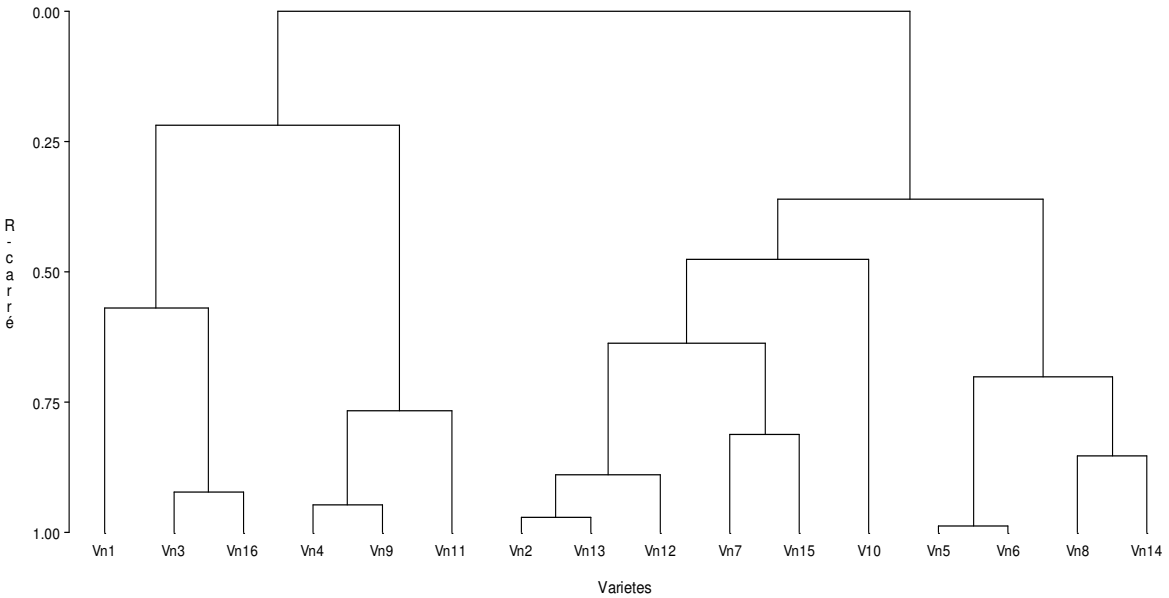
CV : coefficient de variation ; ns : non significative (p>0,05) ; * p < 0,05 ; **p<0,01 ; *** p<0,001.
Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de P < 0,05.

Caractérisation des fanes des variétés de niébé suivant leur valeur nutritive : La classification numérique effectuée a permis de générer 5 classes (tableau 5) sur la base des 21 variables collectées (tableau 6) regroupant la composition chimique, les paramètres cinétiques, la digestibilité *in vitro* de la matière organique et les valeurs énergétique et azotée avec un coefficient de détermination r^2 de 0,57. Cette valeur de r^2 retenue était suffisante pour obtenir des classes suffisamment distinctes les unes des autres. Le dendrogramme de la figure 2 a illustré le regroupement obtenu.

Tableau 5 : Caractéristiques nutritionnelles moyennes des classes de variétés de niébé

Classes	N° des variétés	dMO (% MS)	Valeur énergétique		Valeur azotée	
			UFL	*UFV*	*MAD (g/kg MS)*	*MAD/UFL*
1	Vn_5, Vn_6, Vn_8, Vn_{14}	59,18	0,77	0,69	73,52	94,75
2	Vn_2, Vn_{13}, Vn_{12}, Vn_7, Vn_{15}	59,93	0,82	0,75	87,22	105,72
3	Vn_4, Vn_9, Vn_{11}	59,18	0,76	0,68	87,54	114,46
4	Vn_3, Vn_{16}, Vn_1	56,37	0,72	0,64	92,15	127,67
5	Vn_{10}	64,34	0,85	0,78	138,75	162,38

Vn_1= IT89KD-288 ; Vn_2= IT06K-227-4 ; Vn_3= IT06K-108; Vn_4= IT06K-123-1; Vn_5= IT06K-135; Vn_6= IT06K-147-1; Vn_7= IT06K-147-2; Vn_8= IT06K-91-11-1; Vn_9= IT06K-270; Vn_{10}= IT07K-187-55; Vn_{11}= IT07K-249-1-1; Vn_{12}= IT07K-300-12; Vn_{13}= IT07K-309-44; Vn_{14}= IT06K-91-1; Vn_{15}= NI86-650-3; Vn_{16}= IT95K-193-12 (témoin).



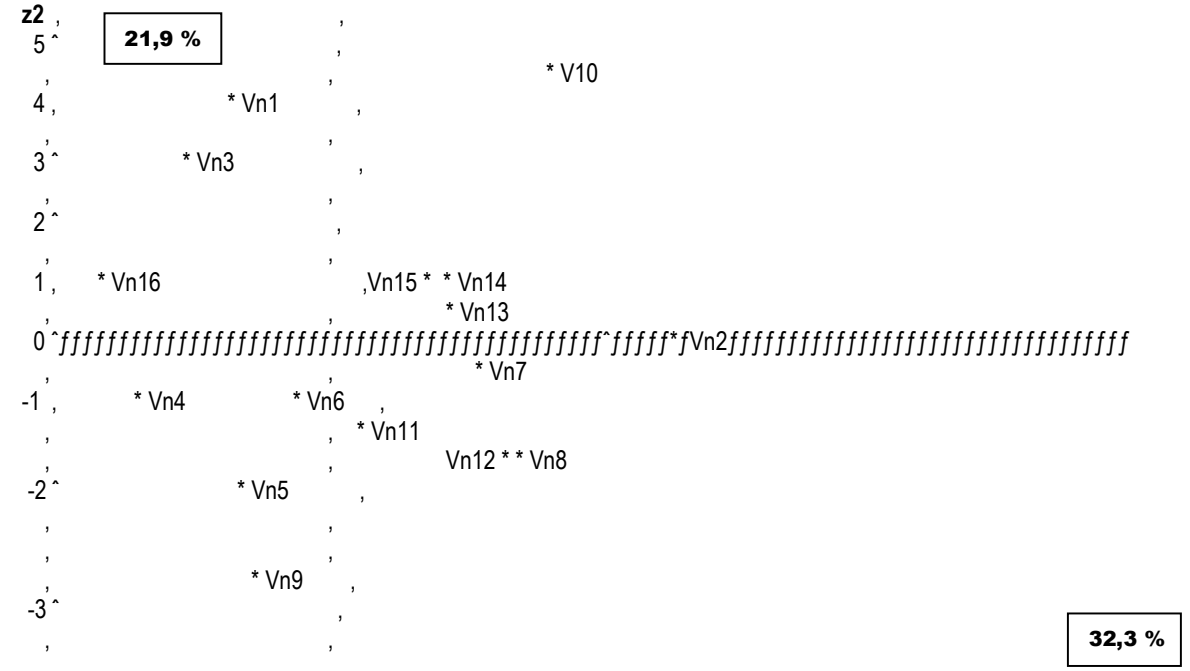
Vn_1= IT89KD-288 ; Vn_2= IT06K-227-4 ; Vn_3= IT06K-108; Vn_4= IT06K-123-1; Vn_5= IT06K-135; Vn_6= IT06K-147-1; Vn_7= IT06K-147-2; Vn_8= IT06K-91-11-1; Vn_9= IT06K-270; Vn_{10}= IT07K-187-55; Vn_{11}= IT07K-249-1-1; Vn_{12}= IT07K-300-12; Vn_{13}= IT07K-309-44; Vn_{14}= IT06K-91-1; Vn_{15}= NI86-650-3; Vn_{16}= IT95K-193-12 (témoin).

Figure 2 : Dendrogramme relatif au regroupement des variétés de niébé en classes

L'examen des taux d'inertie et des valeurs propres des axes principaux obtenus à partir des analyses en correspondantes principales (figure 3), a montré que les deux premiers axes ont donné un taux d'inertie cumulé de 54,2 %. Ainsi, ils ont expliqué à eux seuls plus de la moitié des informations, ce qui a été acceptable. Les corrélations entre les axes canoniques et toutes les variables étudiées ont été présentées dans le tableau 8. Elles ont révélé que les variables CT, dMO, UFL, UFV, $T_{/2}$, V_{24h}, V_{final} et A ont été très bien représentées sur l'axe 1 (0,5 < r <0,9). De même, les variables MO, $\mu_{T/2}$ et DT l'étaient négativement (-0,6 < r < -0,8). L'axe 2 a discriminé positivement les variables ADF, ADL, MAT, MAD, MAD/UFL et le temps de latence (0,5 < r <0,7), tandis que les hémicelluloses, V_{24h}, V_{final} et A l'ont été négativement (-0,5 < r <-0,7). En considérant le premier axe, la variété IT07K-187-55 formant elle seule la classe 5 et celles de la classe 2 (en l'occurrence IT06K-147-2, IT07K-300-12, IT07K-309-44) et IT06K-91-11-1 ont été les plus digestibles et les plus énergétiques. Elles ont produit plus de gaz, mais ont été moins dégradables, contrairement aux variétés de la classe 4, Les variétés de la classe 1 et de la classe 3 ont été intermédiaires. En considérant le deuxième axe, la variété IT07K-187-55, celles de la classe 2 et de la classe 4 étaient riches en fibres, en azote et ont fermenté rapidement, mais ont produit moins de gaz contrairement aux variétés de la classe 1 et surtout celles de la classe 3. En somme, la représentation de toutes les variétés de niébé étudiées a indiqué à partir des deux axes canoniques de projection, que la variété IT07K-187-55 et celles de la classe 2 ont été les plus équilibrées sur le plan nutritif c'est-à-dire plus digestibles avec des valeurs énergétique et azotée élevées.

Tableau 6 : Corrélations entre les coefficients des variables et les axes

Variables	Axe 1	Axe 2
MS	-0,274	0,008
CT	0,649	0,346
MO	-0,649	-0,346
MAT	0,232	0,646
NDF	0,165	-0,168
ADF	0,337	0,587
ADL	0,316	0,557
CB	0,002	-0,044
Hémicelluloses	-0,228	-0,650
dMO	0,931	-0,105
UFL	0,936	-0,076
UFV	0,935	-0,073
MAD	0,394	0,643
MAD/UFL	0,117	0,731
Temps de latence	-0,175	0,696
$T_{/2}$	0,504	0,133
TF ($\mu_{T/2}$)	-0,783	-0,061
V_{24h}	0,583	-0,713
V_{final}	0,763	-0,606
A	0,709	-0,650
DT	-0,631	-0,241



Vn_1= IT89KD-288 ; Vn_2= IT06K-227-4 ; Vn_3= IT06K-108; Vn_4= IT06K-123-1; Vn_5= IT06K-135; Vn_6= IT06K-147-1; Vn_7= IT06K-147-2; Vn_8= IT06K-91-11-1; Vn_9= IT06K-270; Vn_{10}= IT07K-187-55; Vn_{11}= IT07K-249-1-1; Vn_{12}= IT07K-300-12; Vn_{13}= IT07K-309-44; Vn_{14}= IT06K-91-1; Vn_{15}= NI86-650-3; Vn_{16}= IT95K-193-12 (témoin).

Figure 3 : Représentation des variétés de niébé sur le plan factoriel

DISCUSSION

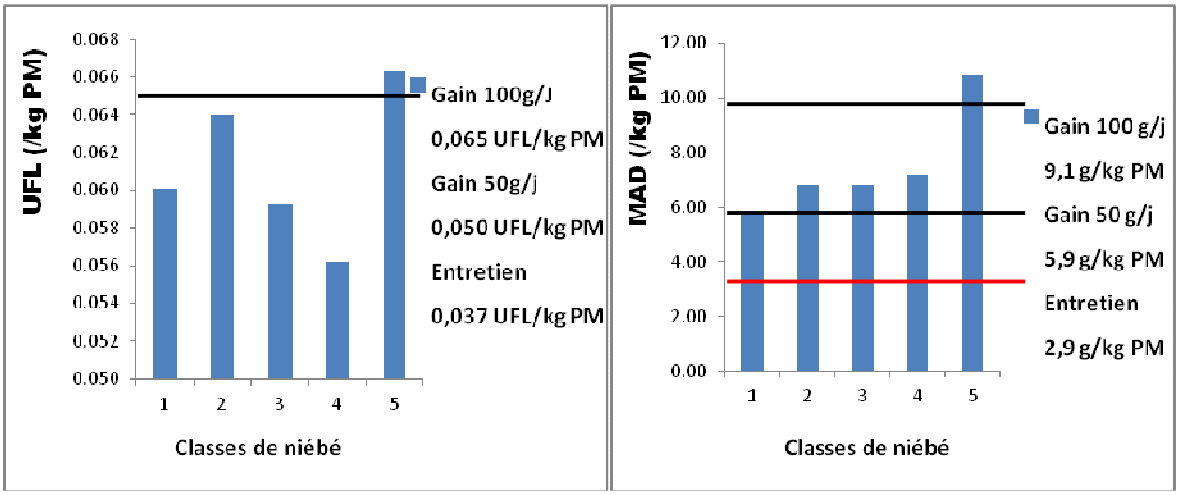
Composition chimique : Les fanes des variétés de niébé étudiées présentent une composition chimique très variable. Cette variabilité est fonction de la qualité des fanes. De telles variations sur la qualité des fanes peuvent être induites par la génétique (Singh et Schiere, 1995), les conditions environnementales et la gestion des cultures à savoir le niveau de fertilisation, la densité des plants, le stade de maturité des plants à la récolte et les méthodes de récolte et de stockage des fanes (Walli *et al.*, 1994). Ainsi, les teneurs en matière sèche (MS) observées dans cette étude sont en adéquation avec celles obtenues par Bankolé *et al.* (2004), mais sont largement en-deçà de celles obtenus par divers autres auteurs dont Mokoboki *et al.* (2000), Nsahlai et Apaloo (2007), Anele *et al.,* (2010, 2011a), et Kambashi *et al.,* (2014) qui ont obtenu des valeurs supérieures à 90 %. Cette différence s'explique par le fait qu'il s'agit dans cette étude du taux de MS des fanes fraiches obtenues juste après la récolte des gousses. Rivière (1991) sur des fanes sèches de niébé confirme un taux de MS de 89 %. Les teneurs en CT et MO obtenues sont proches de celles enregistrées par Diallo *et al.,* (1976), Savadogo *et al.,* (2000a et b), Ces teneurs en CT sont plus élevées dans les feuilles que dans les tiges (Savadogo *et al.*, 2000a et b ; Antwi *et al.*, 2014b). Les teneurs en fibres des variétés de niébé étudiées sont élevées et proches de celles publiées par Diallo *et al.* (1976) et Antwi *et al.* (2014b) sur le niébé mais légèrement en deçà de celles de Anele *et al.* (2010). Généralement, les fanes de niébé ont une teneur en cellulose plus élevée que celle de l'arachide de l'ordre de 20 à 30 % de MS (IRAT, 1968). Les principales raisons en sont la saison de récolte des fanes qui a eu lieu au mois de décembre (saison sèche) et le fort taux de défoliation des plants observé à la récolte (40 % en moyenne). L'influence de la saison de récolte sur la teneur en fibres des fanes de niébé est confirmée par Anele *et al.* (2011a, b et 2012). Les teneurs en MAT obtenues sont proches de celles enregistrées par Diallo *et al.* (1976), Richard *et al.* (1990), Ikhimioya et Olagunju (1996), Savadogo *et al.* (1999, 2000a et b), Nsahlai et Apaloo (2007) et Antwi *et al.* (2014b). En l'occurrence, sur de nouvelles variétés améliorées à double usage de niébé, Anele *et al.* (2011a, b et 2012) ont obtenu des résultats similaires. Avec ces niveaux de MAT les fanes de niébé étudiées dans la présente étude sont adéquates pour assurer l'entretien et la croissance des petits ruminants (NRC, 1985 ; Anele *et al.*, 2011a). Toutefois, les résultats obtenus ici, sont en deçà de ceux que ces auteurs cités ont obtenus sur des variétés locales dont les fanes sont récoltées notamment en saison sèche et de ceux d'Omokanye *et al.* (2003). Aussi, lorsque la récolte de la plante de niébé a lieu en phase végétative ou au début de la floraison pour en faire le foin, les teneurs obtenues en MAT sont généralement supérieures à 20 % de MS (Stürn *et al.,* 2007 ; Baloyi *et al.,* 2008 ; Kambashi *et al.*, 2014) et celles en fibres sont plus faibles (Stürn *et al.,* 2007 ; Tiermann *et al.,*2008 ; Foster *et al.,* 2009).

Cinétiques de production de gaz en seringues : Les résultats sur les paramètres cinétiques (tableau 3) révèlent un faible temps de latence pour les fanes étudiées. La teneur moyennement élevée des fanes en MAT peut bien en être la cause. La production maximale de gaz étant presque atteinte à 72 h, la durée des études sur la fermentescibilité *in vitro* en présence du jus de rumen des fanes de niébé peuvent être arrêtée à 72 h. Peu d'études ont été effectuées sur la fermentation *in vitro* en présence de jus de rumen des fanes de niébé. Néanmoins, Antwi *et al.* (2014a) ont montré qu'en absence d'application de pesticides dans le processus de production de niébé, les fanes qui en résultent ont un temps de latence beaucoup plus court (0,017 h) avec un taux fractionnel (μ) de 0,06 % par heure et ont produit en moyenne après 96 heures d'incubation 24,46 ml/200 mg (soit environ 122 ml/g de MS). Ces résultats sont confirmés par les mêmes auteurs, mais dans un autre essai (Antwi *et al.,* 2014b) sur les fanes de 4 variétés à usage multiple de niébé. Ces auteurs ont obtenu les mêmes valeurs de μ, mais une production potentielle de gaz variant entre 18,8 et 26,5 ml/200 mg MS (soit 94 à 132,5 ml/g MS). Le modèle mathématique utilisé, les facteurs génétiques, les conditions environnementales et de récolte des fanes peuvent expliquer les différences observées entre ces résultats et ceux étudiés dans ce cadre.

Digestibilité *in vitro* de la matière organique : Les fanes de niébé et celles de légumineuses en général avec leurs teneurs moyennes en matières azotées sont de ce fait plus digestibles (Lhoste *et al.*, 1993). Ainsi, les résultats obtenus sur la digestibilité *in vitro* de la matière organique en présence du jus de rumen (dMO) corroborent ceux de Pugliesse *et al.* (1976) qui ont utilisé la méthode de détermination faisant appel à l'index fécal de Lambourne (1963), et avec ceux de Savadogo *et al.* (1999) et Anele *et al.* (2010) qui ont utilisé la méthode *in vitro*. Toutefois, avec la méthode de Tilley et Terry (1963) utilisée par Savadogo *et al.* (2000b), les valeurs de dMO obtenues sont plus

élevées (67,5 et 68,3 % de MS respectivement). La variabilité des méthodes d'estimation utilisées pourrait expliquer ces différences de résultats. En effet, le coefficient de variation lié aux procédures d'estimation *in vitro* de la dMO selon Steingass *et al.* (1997) varie de 4,4 à 8,2 %. Ceci permet une validation satisfaisante des résultats sur la dMO présentés dans cette étude. La dMO des fanes de niébé étudiées varie dans de faibles fourchettes (CV < 4 %) mais de façon très significative (p<0,001). Ceci est confirmé par Anele *et al.* (2010) qui ont montré qu'entre certaines variétés locales et améliorées de niébé, même avec l'inexistence d'aucun effet de group sur la digestibilité (p>0,05), des différences significatives peuvent exister à l'intérieur du groupe (p<0,05). La saison de récolte des fanes est également un facteur de variation de leur digestibilité (Anele *et al.*, 2011b ; Ayantunde *et al.*, 2014). En effet, avec les pluies, les fanes sont moins desséchées et les tiges sont pourvues de nouvelles repousses tandis que les proportions de feuilles et de tiges dans les fanes varient, ce qui affecte directement leur valeur nutritive (Mullen, 1999 ; Singh *et al.* 2003 ; Heuzé *et al*. 2015). Aussi, les teneurs élevées des fanes en lignine (24,5 % en moyenne) peuvent avoir limité leur digestibilité. En effet, la lignine est connue comme un élément interférant sur la digestibilité par la réduction des zones de fixation des microorganismes dans le rumen (Anele *et al.*, 2011b). Le non utilisation du polyéthylène glycol (PEG) dans cette étude n'a pas affecté les résultats de digestibilité tout comme Anele *et al.* (2011a) au Sud-ouest du Nigeria sur des variétés aussi bien à usage multiple que locales de niébé, puisque les fanes de niébé sont naturellement pauvres en tanins (moins de 5 %) qui est le taux critique où ces composés antinutritionnels interfèrent négativement sur l'ingestibilité et la digestibilité (Mokoboki *et al.*, 2000).

Valeur nutritive : Les valeurs énergétique et azotée des fanes étudiées sont élevées, bien supérieures à celles des pailles et de certaines graminées fourragères. Notamment leurs teneurs en azote sont en adéquation avec celles de Richard *et al.* (1989), Rivière (1991) et le Mémento de l'Agronome (2002) qui ont publié des résultats compris entre 90 à 120 g de MAD /kg de MS. Ce qui est en rapport avec la richesse de leur composition chimique et de leur digestibilité moyenne. Pourtant, les valeurs énergétiques des fanes sont en deçà de celles de Diallo *et al.* (1976), Thys *et al.* (1986), Richard *et al,* (1989) qui ont obtenu des valeurs comprises 0,35 à 0,66 UF/kg de MS. L'origine génétique, les modes de calcul, les conditions environnementales de récolte et de gestion des fanes peuvent expliquer cette variabilité. Les fanes peuvent fournir des niveaux énergétique et azotée suffisantes pour maintenir la production des ruminants notamment pendant la saison sèche prolongée (Anele *et al.*, 2011b ; Heuzé *et al.*, 2015). Par conséquent, des simulations peuvent être faites sur les fanes étudiées afin d'estimer les performances autorisées en comparant leur valeur énergétique en UFL et le rapport MAD/UFL aux besoins d'un mouton adulte de race Djallonké pesant 30 kg à l'entretien qui consomme 1 kg de MS d'herbe. Les besoins d'entretien de ce mouton standard sont estimés à 0,47 UFL et 40 g de MAD/UF (IEMVT, 1989). En milieu tropical humide, les considérations générales pour l'engraissement des ruminants sont 0,80 UFL/kg de MS et un rapport MAD/UFL de 120 g (Rivière, 1991). Ainsi, les comparaisons ainsi réalisées sont exprimées par rapport au kg de poids métabolique PM ($PV^{0,75}$) et consignées dans la figure 4. D'une manière générale, les fanes de toutes les classes de niébé étudiées peuvent assurer une couverture largement au-dessus de l'entretien en ce qui concerne l'énergie et l'azote et même assurer un gain de 50 g/jour. Seule la variété IT07-187-55 de la classe 5 peut assurer un gain de 100 g/jour lorsqu'elle est utilisée dans la ration. Toutefois avec des compléments alimentaires plus riches en azote comme les tourteaux, les variétés de la classe 2 (IT06K-227-4, IT07K-300-12, IT07K-300-12, IT06K-147-2 et NI86-650-3) peuvent donner de bonnes performances.



Classe 1 : IT06K-135 ; = IT06K-147-1 ; IT06K-91-11-1 ; IT06K-91-1.
Classe 2 : IT06K-227-4 ; IT07K-309-44 ; IT07K-300-12 ; IT06K-147-2 ; NI86-650-3.
Classe 3 : IT06K-123-1 ; IT06K-270 ; IT07K-249-1-1.
Classe 4 : IT06K-108 ; IT95K-193-12 (témoin) ; IT89KD-288.
Classe 5 : IT07K-187-55

Figure 4 : Performances autorisées par les fanes des variétés de niébé étudiées

CONCLUSION

Cet essai confirme que les fanes de niébé ont une digestibilité et une valeur nutritive intéressantes pour être utilisées dans l'alimentation des ruminants afin d'améliorer leurs performances. Le choix des meilleures variétés ne pouvant pas se limiter à la digestibilité et aux valeurs nutritives, les études sur les performances agronomiques de ces variétés sont en cours. En effet, le but recherché est de proposer aux agroéleveurs, les meilleures variétés pouvant fournir à la fois suffisamment de graines utilisables dans l'alimentation humaine (rendements en graines élevés et faibles attaques des ravageurs) et de fanes valorisables dans celle des ruminants. Aussi, des essais d'alimentation en milieu réel doivent être entrepris afin d'évaluer les performances induites par la complémentation des rations destinées aux ruminants avec les fanes de ces variétés de niébé.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient infiniment la Banque Mondiale à travers le projet "Alim'Bloc" du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) et le Gouvernement australien à travers le projet "Sustainable Intensification of Integrated Crop-Small Ruminant Production Systems in West Africa (SIIC-SR)" pour avoir en partie financé cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Achigan Dako GE, Fanou N, Kouke A, Avohou H, Vodouhè RS, Ahanchédé A, 2006. Évaluation agronomique de trois espèces de Egusi (*Cucurbitaceae*) utilisées dans l'alimentation au Bénin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Base* [En ligne], volume 10 (2006), numéro 2, URL : http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1207.

Adam KS, Boko K, 1993. Le Bénin. Ed du Flamboyant, EDICEF, Cotonou, Vanves. 95pp.

Anele UY, Arigbede OM, Südekum KH, Ike KA, Oni AO, Olanite JA, Amole GA, Dele PA Jolaosho AO, 2010. Effects of processed cowpea (*Vigna unguiculata* L, Walp) haulms as a feed supplement on voluntary intake, utilization and blood profile of West African dwarf sheep fed a basal diet of *Pennisetum purpureum* in the dry season. Anim. Feed Sci. Technol. 159: 10-17.

Anele UY, Südekum KH, Hummel J, Arigbede OM, Oni AO, Olanite JA, Böttger C, Ojo OV Jolaosho

AO, 2011a. Chemical characterization, *in vitro* dry matter and ruminal crude protein degradability and microbial protein synthesis of some cowpea (*Vigna unguiculata* L, Walp) haulm varieties. Anim. Feed Sci. Technol. 163: 161-169.

Anele UY, Südekum KH, Arigbede OM, Welp G, Oni AO, Olanite JA, Ojo OV. 2011b, Agronomic performance and nutritive quality of some commercial and improved dual-purpose cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties on marginal land in Southwest Nigeria. Grassland Science, 57: 211–218. doi: 10.1111/j.1744-697X.2011.00229.

Anele UY, Südekum, KH, Arigbede OM, Lüttgenau H, Oni A O, Bolaji OJ, Galyean ML, 2012. Chemical composition, rumen degradability and crude protein fractionation of some commercial and improved cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulm varieties. Grass and Forage Science, 67: 210–218. doi: 10.1111/j.1365-2494.2011.00835.

Antwi C, Osafo ELK, Fisher DS, Yacout HM, Donkoh A, Hassan AA, Sobhy SMM, du-Dapaah HA, Salem AZM, 2014a. Effect of pesticides applied in cowpea production on rumen microbial fermentation of cowpea haulms as reflected in vitro gas production. South African Journal of Animal Science 2014, 44 (N°3):215-219.

Antwi C, Osafo ELK, Donkoh A, du-Dapaah H, 2014b. Chemical composition, gas production and degradation characteristics of haulms of improved dual purpose Cowpea (*Vigna unguiculata* L walp) cultivars. *Livestock Research for Rural Development. Volume 26, Article #194.* Retrieved Mai 14, 2016, from http://www.lrrd.org/lrrd26/11/antw26194.html.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Ayantunde AA, Blummel M, Grings E Duncan AJ, 2014. Price and quality of livestock feeds in suburban markets of West Africa's Sahel: Case study from Bamako, Mali. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. 67, (1): 13-21.

Baloyi JJ, Ngongoni NT, Hamudikuwanda H, 2008. Chemical composition and ruminal degradability of cowpea and silverleaf Desmodium forage legumes harvested at different stages of maturity. *Tropical and Subtropical Agroecosytems*, 8: 81-91.

Bankolé C, Detongnon J, Affokpon A, 2004. Variétés de niébé à usage multiple et l'utilisation des fanes dans l'alimentation des chevreaux sevrés au sud-Bénin. In : *Proceedings Recherche agricole pour le développement*, Actes de l'Atelier Scientifique 5, Niaouli, 14–17 décembre 2004: 508 – 517.

Bayer W, Waters-Bayer A, 1999. La gestion des fourrages. CTA, GTZ, 246pp.

Boko M, 1988. Climat et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythme de développement. Thèse d'État ès lettre, Dijon, 607pp.

Bressani R, 1985. Nutritive value of cowpea. In : Singh, SR, Rachie, KO, (Eds.), Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley, Winchester, UK: 353-359.

DE (Direction de l'Elevage), 2014. Annuaire statistique 2013, Rapport de la Direction de l'Elevage (DE). Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche, République du Bénin, 85pp.

Diallo S, Pugliesse PL, Calvet H, 1976. Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : Mesures de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages, 2ème partie : Note concernant les résultats d'une première série de digestibilité *in vivo* sur mouton. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop, 29, (3): 233-246.

Dissou M, 1986. La République Populaire du Bénin : milieux naturels, régions, économie agricole régionale, *1e part. : Le Bas-Bénin*, P/UNB/UVA/ER, Cotonou, Bénin, 174pp.

FAO, 2014. Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'Ouest : État des lieux et perspectives pour l'élevage. Bureau Régional pour l'Afrique de la FAO, Accra, 60pp.

FAO, 2015. FAOSTAT database, Rome, Italy. FAO, United Nations. Disponible sur: http: //www.apps.fao.org (consulté le 17 mai 2016).

Foster JL, Adesogan AT, Carter JN, Blount AR, Myer RO, Phatak SC, 2009. Intake, digestibility, and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume hays or soybean meal. J. Anim. Sci.,87: 2891-2898, doi:10.2527/jas.2008-1637. Epub 2009 Jun 5.

France J, Dhanoa MS, Theodorou MK, Lister SJ, Davies DR, Isac D, 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. J. Theor. Biol. 163: 99 -111.

Heuzé V, Tran G, Bastianelli D, Nozière P, Bastianelli D, Lebas F, 2015. Cowpea (*Vigna unguiculata*) forage, Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. http://www.feedidia.org/node/233. Last updated on October 20, 2015, 16:20.

IEMVT, 1989. Elevage du mouton en zone tropicale humide, Collection Manuels et Précis d'élevage. Documentation Française 29-31, 210pp.

Ikhimioya I, Olagunju BO, 1996. Chemical composition of selected green plants available to small ruminants in the dry season in humid Nigeria. Tropicultura, 14, 3: 115-117.

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

IRAT, 1968. Un type d'aliment du bétail trop négligé en zone tropicale : les sous-produits de récolte. Col Agr, Pr. Pays Chauds, 1: 75-82.

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: 13-40.

Kambashi B, Picron P, Boudry C, Théwis A, Kiatoko H, Bindelle J, 2014. Nutritive value of tropical forage plants fed to pigs in the Western provinces of the Republic of the Congo, Anim. Feed Sci. Technol. 191: 47-56.

Kristjanson P, Tawarali S, Okike I, Bingh BB, Thornton P,K,, Manyong VM, Kruska RL Hoogenboom G, 2002. Genetically improved dual-purpose cowpea : Assessment of adoption and impact in the dry Savannah Region of West Africa. ILRI Impact Assessment Series, N° 9, 69pp.

Lambourne JL, Reardon TF, 1963. The use of chrome oxide and faecal nitrogen concentration to estimate the pasture intake of Merino wethers. Aust. J. agric. Res. 14: 257pp.

Lhoste P, Dolle V, Rousseau J, Soltener D, 1993. Manuel de Zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage. Edition du CIRAD, Coll. Manuels et précis d'élevage, Montpellier, 288pp.

Mémento de l'Agronome, 2002. Eds GRET, CIRAD, Ministère des Affaires Etrangères, 1691pp.

Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, 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 i*n vitro.* J. Agric. Sci. Camb. 93: 217-222.

Menke KH, 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.

MEPN (Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature), 2007. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA-Bénin). Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), 81pp.

Michalet-Doreau B, Ould-Bah MY, 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.

Mokoboki HK, Ayisi KK, Ndlovu LR, 2000. Chemical composition and physical characteristics of cowpea haulms as forage for ruminants. South African Journal of Animal science, 30 (Supplement 1): 87-88.

Mullen C, 1999. Summer legume forage crops: cowpeas, lablab, soybeans. NSW Department of Primary Industries, Agriculture. Broadacre crops, Series: Agfact P4.2.16 Edition: Second.

Nielsen SS, Ohler TA, Michell CA, 1997. Cowpea leaves for human consumption : production, utilization and nutrient composition. In : Singh B B, Mohan Raj, D R Dashiell, K Jakai, LEN, (Eds), Advances in Cowpea Research, Co-publication of International of Tropical Agricultural Sciences and the Japan International Research Centre Agricultural Science (JIRCAS), IITA, Ibadan, Nigeria: 326-332.

NRC (National Research Council), 1985. Nutrient Requirements of Sheep, 6th ed, National Academy of Science, Washington, DC, USA.

NRC (National Research Council), 2001. Nutrient Requirements of Dairy castle, 7th ed, National Academy of Science, Washington, DC, USA.

Nsahlai IV, Apaloo J, 2007. On the suitability of illius and Gordon's model for simulating the intake and digestibility of roughage diet by ruminants. South African Journal of Animal science, 37 (4): 275-289.

Omokanye AT, Onifade OS, Amodu JT, Balogun RO, Kallah MS, 2003. Évaluation of dual-purpose cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp,) varieties for grain and fodder production at Shika, Nigeria. Tropicultura 21, 1: 42-46.

Pugliesse PL, Diallo S, Calvet H, 1976. Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : Mesures de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages, 3ème partie : Comparaison de cinq méthodes d'appréciation de la digestibilité des aliments du bétail. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. 29, (3): 247-257.

Richard D, Guérin H, Friot D, Roberge G, 1989. La valeur alimentaire du panicum maximum K187 B. *In* : Pâturages *et al*imentation des ruminants en zone tropicale humide, Symposium, Point-à-Pitre, Guadeloupe, 2-6 juin 1987, Paris, INRA : 11-19.

Richard D, Guérin H, Friot D, Mbaye N, 1990. Teneurs en énergie brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 43 (2): 225-231.

Rivière R, 1991. Manuel de l'alimentation des ruminants en milieu tropical. Paris, France : la Documentation Française, 527pp.

Savadogo M, Zemmelink G, Van Keulen H, Nianogo AJ, 1999. Contribution of crop residues to ruminant feeding in different agrecological zones of Burkina Faso. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 52 (3-4): 255-262.

Savadogo M, 2000. Crop residue management in relation to sustainable land use: A case study in Burkina Faso. Ph,D, Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 161pp.

Savadogo M, Zemmelink G, Nianogo AJ, 2000a. Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of sorghum (*Sorghum bicolor* L, Moench) stover, cowpea (*Vigna unguiculata* L, Walp) and groundnut (*Arachis hypogea* L,) haulms by sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 84: 265-277.

Savadogo M, Zemmelink G, Nianogo AJ, Van Heulen H, 2000b. Cowpea (*Vigna unguiculata* L, Walp) and groundnut (*Arachis hypogea* L,) haulms as supplements to sorghum (*Sorghum bicolor* L, Moench) stover : intake, digestibility and optimum feeding levels. Anim. Feed Sci. Technol. 87: 57-69.

Singh K, Schiere JB, 1995. Handbook for straw feeding systems: principles and applications with emphasis on Indian livestock production, Indian Council of Agriculture Research, Krishi Bhavan, New Delhi, and Department of Tropical Animal Production Systems, Wageningen, the Netherlands.

Singh BB, Tawarali SA, 1997. Cowpea and its improvement : Key to sustainable mixed crop/livestock farming systems in West Africa. In: Renard, C, (Ed,), Crop Residues in Sustainable Mixed Crop/Livestock Farming Systems, CAB International in Association with ICRISAT and ILRI, Wallingford, UK: 79-100.

Singh BB, Ajeigbe HA, Tarawali SA, Fernandez-Rivera S, Abubakar M, 2003. Improving the production and utilization of cowpea as Food and fodder. *Field Crop Res*. 84 (1-2): 169-177.

Singh BB, 2005. Cowpea [Vigna unguiculata (L,) Walp]. In : Singh RJ, Jauhar PP, (eds) Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement. Volume 1, CRC Press, Boca Raton FL, USA: 117-162.

Steingass H, Aiple KP, Drochner W, 1997. Estimation of organic matter digestibility and ME content in ruminant feeds from *in vitro* gas production. International Grasslands Congres*, Session*17, Forage Quality, 79-80. www.internationalgrasslands.org, ID NO, 1169.

Stürn CD, Tiermann TT, Lascano CE, Kreuzer M, Hess HD, 2007. Nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of tropical legume mixtures with contrasting tannin contents. Anim. Feed Sci. Technol. 138: 29-46.

Thys E, Dineur B, Oumate O, Hardouin J, 1986. Les bœufs de case ou l'embouche bovine traditionnelle dans les monts du Mandara (Nord Cameroun). Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop, 39, (1): 113-117.

Tawarali SA, Dingh BB, Peters M, Blade SF, 1997. Cowpea haulms as fodder, In : Singh B,B,, Mohan Raj, D,R,, Dashiell, K,, Jakai, L,E,N, (Eds), Advances in Cowpea Research. Co-publication of International of Tropical

Agricultural Sciences and the JIRCAS, IITA, Ibadan, Nigeria: 129-140.

Tiermann TT, Avila P, Ramírez G, Lascano CE, Kreuzer M, Hess HD, 2008. *In vitro* ruminal fermentation of tanniniferous tropical plants: Plant-specific tannin effects and counteracting efficiency of PEG. *Anim. Feed Sci. Technol*. 146: 222-241.

Timko MP, Ehlers JD, Roberts PA, 2007. Cowpea. In: Kole C (ed) Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Volume 3, Pulses, Sugar and Tuber Crops, Springer Verlag, Berlin Heidelberg: 49–67

Thornton PK, Kruska RL, Henninger N, Kristjanson PM, Reid RS, Atieno F, Odero A, Ndegma T, 2002. Mapping Poverty and Livestock in the Developing World. International Livestock Research Institute (ILRI), Naïrobi, Kenya. 124pp.

Tilley JMA, Terry RA, 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc*. 18: 104-111.

Timko MP, Singh BB, 2008. Cowpea, a multifunctional legume. In Genomics of tropical crop plants, P,H, Moore, R, Ming (eds): 227 – 258.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA, 1991. Methods for dietary fibre, neutral-detergent fibre and-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Walli TK, Harika AS, Sharma DD, 1994. Influence of crop management practices and post-harvest techniques on quantity and quality of straws. In: *Variation in the Quantity and Quality of Fibrous Crop Residues* (Eds Joshi A,L,, Doyle P,T,, Oosting S,J,), Proceedings of the National Seminar, Baif Development Research Foundation, Pune, India: 53-60.