



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Digestibilité *in vitro* des ressources utilisées dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun

Y. BLAMA<sup>1</sup>, R. ZIEBE<sup>2\*</sup> et A. ZOLI PAGNAH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur, Université de Maroua, BP 46 Maroua, Cameroun.

<sup>2</sup>Département d'Agriculture, d'Élevage et des Produits Dérivés, Université de Maroua, BP 46 Maroua, Cameroun.

<sup>3</sup>Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire de Ngaoundéré, Université de Ngaoundéré, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [rziebe@gmail.com](mailto:rziebe@gmail.com) ; Tél. : +237 699 31 45 06

Received: 15-10-2020

Accepted: 16-05-2022

Published: 30-06-2022

### RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était de déterminer la digestibilité des ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun. Ces ressources alimentaires ont été collectées dans les élevages de bovin puis ramenées au laboratoire. Après séchage à l'étuve, elles ont été broyées, tamisées puis conservées dans des bocaux hermétiquement fermés. Chaque substrat ainsi préparé a été soumis à l'évaluation de la digestibilité *in vitro*. Après 24 heures d'incubation, les sons de maïs et de sorgho ont produit plus de gaz ( $p < 0,05$ ) avec respectivement  $250,20 \pm 10,48$  ml/gMS et  $245,26 \pm 2,83$  ml/gMS par rapport aux autres substrats. Le son de maïs présente un taux de digestibilité de la matière organique le plus élevé de 62,57%. Il est suivi des fanes de niébé et d'arachide avec respectivement des taux de digestibilité de 61,38% et 61,16%. La masse microbienne produite après 24 heures d'incubation, donne un classement des substrats autre que la teneur en énergie métabolisable et la production des acides gras volatils. Après le son de sorgho, le son de riz a été le deuxième substrat en termes de masse microbienne produite avec respectivement 312,57 mg et 258,57 mg. Ces données mises à la disposition des éleveurs peuvent faciliter l'utilisation rationnelle des ressources alimentaires, ce qui pourrait améliorer la productivité des ruminants en zone semi-aride du Cameroun.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Digestibilité, ressources alimentaires, ruminants, semi-aride, Cameroun.

### *In-vitro* digestibility of food resources of ruminants in the semi-arid area of Cameroon

#### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the digestibility of the food resources used in the ruminants feeding in the semi-arid zone of Cameroon. The food resources were collected from cattle farms and then taken to the laboratory. After drying in the oven, these resources were crushed, sieved and then

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.4>

8697-IJBSCS

stored in tightly closed jars. Each substrate prepared was subjected to the *In vitro* digestibility evaluation. After 24 hours of incubation, the maize and sorghum bran produced more gas ( $p < 0.05$ ) with respectively  $250.20 \pm 10.48$  ml / gDM and  $245.26 \pm 2.83$  ml/gDM compared to other substrates. With regard to organic matter, corn bran was the most digestible substrate with 62.57%, followed by cowpea and peanut fades with 61.38% and 61.16% respectively. The classification of substrates obtained from the microbial mass produced after 24 hours of incubation differs from that obtained from the metabolizable energy. After the sorghum bran, rice bran is the second substrate in terms of microbial mass produced with 312.57 mg and 258.57 mg respectively. Access to these data can facilitate the rational use of locally available food resources. This could improve the productivity of ruminants in the semi-arid zone of Cameroon.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Digestibility, food resources, ruminants, semi-arid, Cameroon.

---

## INTRODUCTION

La zone semi-aride du Cameroun est caractérisée par une forte pression démographique, une diminution et une dégradation des zones de pâturage et une qualité médiocre des fourrages. L'insuffisance des ressources alimentaires constitue la principale contrainte de l'élevage en zone semi-aride compromettant ainsi la disponibilité des protéines animales indispensables à l'alimentation humaine (Oumarou et al., 2010 ; Mbow et al., 2013). Pour faire face à ces contraintes, les éleveurs et surtout les emboucheurs des ruminants utilisent les sous-produits agricoles et les sous-produits agro-industriels dans l'alimentation du bétail (Blama et al., 2016). L'accès aux sous-produits agro-industriels devient de plus en plus difficile surtout pour les emboucheurs en zone rurale à cause des prix élevés sur les marchés. Ceci impacte directement sur la viabilité économique des unités d'embouche.

La valeur alimentaire d'un fourrage peut être définie par la quantité d'éléments nutritifs qu'il apporte lorsqu'il est distribué à volonté aux animaux (Andrieu et Baumont, 2000). Elle va donc dépendre en premier lieu de la valeur nutritive de ce fourrage, et plus particulièrement de la digestibilité de sa matière organique qui est le principal facteur de variation de la valeur énergétique (Andrieu et Baumont, 2000). La digestibilité permet d'apprécier la valeur des fourrages (Sanou et al., 2010 ; Lemoufouet et al., 2014).

L'insuffisance des connaissances sur les valeurs nutritives des ressources alimentaires ne permet pas leur utilisation de manière efficiente. Pour améliorer l'efficacité alimentaire à base de ces ressources, et ainsi améliorer la productivité des unités de production de viande des ruminants, il est important de se pencher sur leur valeur nutritive et évaluer leur digestibilité. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui vise à évaluer la digestibilité *in vitro* des ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Zone d'étude

Sur la base des données pluviométriques des vingt dernières années, la zone semi-aride du Cameroun a été délimitée (Figure 1). Les ingrédients alimentaires analysés ont été collectés auprès des emboucheurs de bovins dans les plaines du Diamaré dont la pluviométrie est comprise entre 548 et 976 mm de pluie par an. Cette zone inclue les villes de Maroua ( $X=14,2960$  ;  $Y=10,5902$ ), de Kaélé ( $X=14,4468$  ;  $Y=10,1112$ ) et de Doukoula ( $X=14,9153$  ;  $Y=10,1487$ ) dans la région de l'Extrême nord du Cameroun.

### Traitement du matériel végétal

Les ingrédients collectés étaient de deux types : les sous-produits agricoles (tiges de sorgho pluvial, tiges de sorgho

repiqué, fanes d'arachide, fanes de niébé) et les sous-produits agro-industriels (tourteau de coton, coque de coton, son de maïs, son de sorgho, son de riz). A ces deux catégories s'ajoutent les foin de *Brachiaria ruziziensis* et de *Stylosanthes guyanensis*. Cinq échantillons de 1 kg chacun ont été collectés par ressource. Les tiges, les fanes et les foin ont été pilés au mortier dans les conditions de laboratoire pour faciliter le broyage. Les échantillons ont été mélangés séchés à l'étuve à 40°C (AOAC, 1984). Après séchage, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur à couteau à 20 trs/s pendant 10 minutes. En dehors des poudres du tourteau et de la coque de coton, chaque poudre d'aliments a été tamisée à l'aide d'un tamis de 1 mm de diamètre. Les échantillons de poudres ont été conservés dans des bocaux en polyéthylène hermétiquement fermés.

#### Préparation des échantillons et de la solution mère

Les échantillons ont été pesés (200mg) en double à l'aide d'une balance électronique de 1000 g, de marque "Kern" et de précision 0,01", puis déposés au fond des seringues. Chaque échantillon a été recouvert par le piston de la seringue préalablement enduit de vaseline pour faciliter son mouvement.

La solution mère a été préparée selon la méthode et la procédure décrite par Menke et al. (1979). Les différents réactifs entrant dans la formulation de cette solution sont les suivants : le tampon phosphate, le macro-minéral, le micro-minéral, la rézasurine, l'eau distillée, le sulfure de sodium, l'hydroxyde de sodium et le liquide ruminal.

#### Conditionnement et incubation des échantillons et de la solution mère

La veille de la réalisation de l'essai, les échantillons et la solution mère fraîchement préparée selon la procédure ci-dessus décrite sont placés dans un incubateur à 39°C pendant 12 heures. De

même, le bain marie est mis en marche et la température est contrôlée par deux thermostats réglés à 39°C.

Le lendemain avant la collecte du liquide ruminal, la solution mère était placée dans un bain marie à 39°C. Dans cette solution arrivait continuellement, d'une bouteille de gaz, un flux de CO<sub>2</sub> dont la pression était réglée à 4 bars. Le sulfure de sodium (417 mg) et le NaOH 6N (0,444 ml) sont ajoutés à la solution mère qui vire du bleu à l'incolore en passant par le rose.

#### Collecte du liquide ruminal et incubation

Le liquide ruminal a été obtenu juste après abattage des bovins adultes à l'abattoir, et mis dans un thermos préalablement maintenu à chaud avec l'eau bouillante puis transporté immédiatement au laboratoire. Ce liquide a été immédiatement filtré sous un flux de CO<sub>2</sub> qui arrive continuellement d'une bouteille de gaz. Pour la préparation de 2 100 ml d'inoculum, 700 ml de ce liquide ont été prélevés et introduits dans la solution mère toujours sous le flux de CO<sub>2</sub>. Le mélange (inoculum) est homogénéisé pendant 10 mn à l'aide d'une baguette magnétique. Quarante (40) ml de cet inoculum ont été prélevés et injectés dans chaque seringue à l'aide d'un distributeur de précision puis, l'ensemble a été placé dans le bain marie pour incubation.

L'incubation a duré 24 heures et les volumes de gaz produit ont été relevés toutes les trois heures (3 h, 6 h, 9 h, 12 h, 18 h et 24 h). La production de gaz a été calculée et corrigée d'après la formule suivante :

$$GP \text{ (ml/200mg MS)} = \frac{(V_{24} - V_0 - GP_0) \times 200\text{mg} \times GP_h}{m \times MS}$$

Où V<sub>24</sub> = Volume des gaz lu après 24 heures d'incubation ; V<sub>0</sub> = Volume de l'inoculum dans la seringue au début de l'incubation ; GP<sub>0</sub> = Volume de gaz produits par le blanc après 24 heures d'incubation ; GP<sub>h</sub> = Volume de gaz produits par le standard après 24 heures d'incubation.

### Calcul de la digestibilité *in vitro* de la matière sèche

À la fin de l'incubation, le contenu des seringues a été vidé dans des béchers de 600 ml. Ces seringues ont été rincées deux fois de suite avec deux portions de 15 ml de Neutral Detergent Solution double (NDS) et vidé dans ces béchers. Les échantillons ont été ensuite portés à ébullition à feu doux pendant une heure et filtrés dans des creusets pré-tarés. Ces creusets ont été séchés à 103°C pendant 12 heures puis pesés.

Cette opération a permis de soustraire les substrats non dégradés et les micro-organismes morts. La digestibilité *in vitro* de la matière sèche a été obtenue par la différence entre le poids du substrat incubé et le poids du résidu non dégradé après le traitement au NDS à la fin de l'incubation, à partir de la formule de Van Soest and Robertson (1985):

$$DIVMS (\%) = \frac{P_e - R}{P_e} \times 100$$

Où  $P_e$  = Poids de l'échantillon incubé ;  $R$  = Poids de l'échantillon après incubation.

### Digestibilité *in vitro* de la matière organique et de l'énergie métabolisable

Après 24 heures d'incubation, les gaz produits et corrigés par les gaz des tubes témoins ont été utilisés pour calculer la digestibilité *in vitro* de la matière organique (DIVMO) en utilisant l'équation de régression suivante :

$$DIVMO (\%) = 14,88 + 0,889GP + 0,45PB + 0,0651C$$

Où  $GP$  = Quantité de gaz produit après 24 heures d'incubation ;  $PB$  = Protéines brutes ;  $C$  = Cendres.

Quant à l'énergie métabolisable, elle a été calculée selon l'équation proposée par Makkar (2002).

$$EM (MJ/kgMS) = 2,20 + 0,136 GP + 0,057 PB$$

### Facteur de cloisonnement, masse microbienne et acides gras volatils

Le facteur de cloisonnement (FC) qui a été la quantité de la matière organique qui produit 1 ml de gaz est obtenu par calcul à partir de la formule suivante (Makkar, 2002):

$$FC (mg/ml) = \frac{MOD}{GP}$$

Où  $MOD$  (mg) = Matière organique dégradée ;  $GP$  (ml) = Quantité de gaz produit après 24 heures d'incubation.

La masse microbienne a été calculée à partir de la formule suivante (Makkar, 2002):

$$MM (mg) = MOD - (GP \times FS)$$

Où  $MOD$  (mg) = Matière organique dégradée ;  $GP$  (ml) = Quantité de gaz produit après 24 heures d'incubation ;  $FS$  = Facteur stœchiométrique (2,20 pour les fourrages).

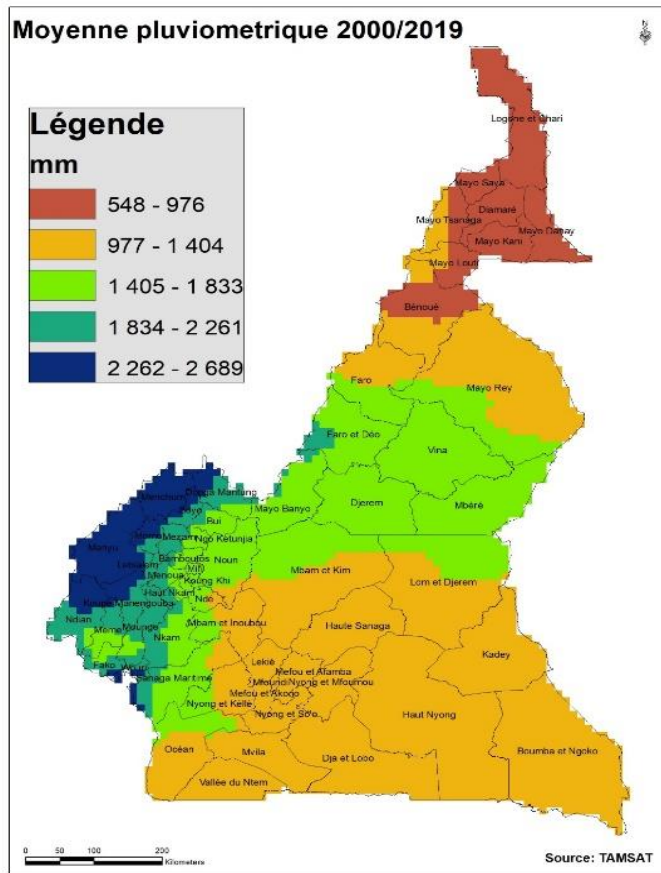
Les Acides Gras Volatiles (AGV) ont été obtenus par calcul à partir des formules suivantes (Makkar, 2002) :

$$AGV (mmol/ml) = 0,0239GP - 0,0601$$

Où  $GP$  (ml) = Quantité de gaz produit après 24 heures d'incubation.

### Analyses statistiques

Toutes les mesures ont été effectuées en triple. Les résultats obtenus ont été exprimés en moyenne  $\pm$  écart type, et les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur et du test de classement multiple de Duncan par le logiciel XLSTAT 2007. L'analyse en composantes principales a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 2007 pour regrouper les ingrédients alimentaires en fonction des paramètres de digestibilité.



**Figure 1 :** Zone d'étude.

## RÉSULTATS

### Fermentation *in vitro* des substrats par le microbiote ruminal

#### Production de gaz

Les résultats de la production de gaz pour les différents substrats sont consignés dans le Tableau 1. La production de gaz *in vitro* a été significativement différente entre les substrats d'une part et les temps d'incubations d'autre part ( $p < 0,05$ ). Après 24 heures d'incubation, les sons de maïs et de sorgho produisent plus de gaz ( $p < 0,05$ ) avec respectivement  $250,20 \pm 10,48$  ml/gMS et  $245,26 \pm 2,83$  ml/gMS par rapport aux autres substrats. Ils ont été suivis des tiges de sorgho repiqué ( $236,10 \pm 16,53$  ml/gMS), des fanes

d'arachide ( $239,53 \pm 10,27$  ml/gMS) et des fanes de niébé ( $234,96 \pm 9,63$  ml/gMS) qui ne diffèrent pas significativement ( $p < 0,05$ ). Par contre, à 3 heures d'incubation les fanes d'arachide ( $76,57 \pm 10,96$  ml/gMS), de niébé ( $76,26 \pm 10,61$  ml/gMS) et les tiges de sorgho repiqué ( $75,30 \pm 10,96$  ml/gMS) ont produit la plus grande quantité de gaz. La classification des substrats après 24 heures d'incubation en fonction de la production de gaz (ml/gMS) se présente ainsi qu'il suit: son de maïs ( $250,20$ ) > son de sorgho ( $245,26$ ) > fane d'arachide ( $239,53$ ) > tiges de sorgho repiqué ( $236,10$ ) > fane de niébé ( $234,96$ ) > *B. ruziziensis* ( $219,51$ ) > *S. guyanensis* ( $219,44$ ) > Tiges de sorgho pluvial ( $219,04$ )

> son de riz (215,74) > paille de riz (206,35)  
> tourteau de coton (186,79) > coque de  
coton (146,09).

#### ***Cinétique de production des gaz***

Les profils de production des gaz des substrats analysés ont été présentés en fonction des rapprochements entre les courbes. La remarque générale se dégageant de la Figure 2 est que les ingrédients présentent les mêmes profils en fonction de leur composition avec un coefficient de détermination qui varie de  $R^2 = 0,934$  pour la paille du riz à  $R^2 = 0,979$  pour le tourteau de coton. La valeur élevée du coefficient de détermination montre que les profils représentent au plus près la tendance de dégradation *in vitro* des substrats.

#### **Estimation de la digestibilité des substrats et des produits de la digestion**

##### ***Digestibilité in vitro de la matière sèche***

Les pertes de matières sèches des échantillons incubés dans le contenu ruminal sont présentées dans le Tableau 2. Les sons de céréale ont enregistré les taux de digestibilité les plus élevés parmi les substrats analysés. Il s'agit de 83,77%, 70,69% et 69,93% respectivement pour les sons de sorgho, de maïs et de riz. Le tourteau de coton, *S. guyanensis* et la paille de riz ont eu les taux de digestibilité similaires au seuil de 5%.

##### ***Digestibilité in vitro de la matière organique des substrats***

Le Tableau 2 fait voir qu'il existe globalement une différence significative ( $p < 0,05$ ) de la digestibilité de matière organique entre les substrats analysés. La matière organique du son de maïs a été le

mieux digéré (62,57%) suivi des fanes de niébé et d'arachide avec respectivement 61,38% et 61,16% et le son de sorgho (61,09%).

##### ***Énergie métabolisable***

Le son de maïs a eu la teneur en énergie métabolisable la plus élevée au seuil de 5% avec  $9,37 \pm 0,28$  MJ/KgMS (Tableau 2), suivi du son de sorgho ( $9,14 \pm 0,08$  MJ/KgMS), des fanes de niébé et d'arachide avec respectivement  $9,09 \pm 0,28$  MJ/KgMS et  $9,12 \pm 0,26$  MJ/KgMS. La coque de coton a donné la plus faible teneur en énergie métabolisable ( $6,28 \pm 0,29$  MJ/KgMS).

##### ***Acides gras volatils***

Le Tableau 2 montre que la variation de la teneur en énergie métabolisable est sensiblement identique à celle des acides gras volatils produits à partir de la dégradation *in vitro* des substrats. Comme pour l'énergie métabolisable, les sons de maïs et de sorgho ont eu une production des acides gras volatils supérieure aux autres substrats ( $p < 0,05$ ) avec respectivement 1,14 et 1,11 mmol/ml.

##### ***Masse microbienne***

La masse microbienne produite après 24 heures d'incubation, donne un classement des substrats autre que la teneur en énergie métabolisable et la production des acides gras volatils. Le Tableau 2 montre qu'après le son de sorgho, le son de riz est le deuxième substrat en termes de masse microbienne produite avec respectivement 312,57 mg et 258,57 mg. Il est important de noter que le *S. guyanensis* et la paille de riz ont donné une faible production des microbes respectivement 153,44 mg et 155,54 mg, comparé aux autres substrats ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 1** : Production cumulative de gaz des substrats.

Temps (h)	3	6	9	12	18	24
Substrats	Production de gaz (mL/gMS)					
<i>B. ruziziensis</i>	66,55 ± 9,74 <sup>abc</sup>	95,57 ± 11,80 <sup>ab</sup>	156,10 ± 12,49 <sup>de</sup>	184,52 ± 14,10 <sup>d</sup>	224,60 ± 16,47 <sup>bc</sup>	219,51 ± 11,95 <sup>bc</sup>
<b>Coque de coton</b>	53,54 ± 1,87 <sup>bcd</sup>	63,19 ± 13,28 <sup>d</sup>	97,15 ± 1,50 <sup>g</sup>	113,73 ± 2,07 <sup>f</sup>	144,01 ± 2,64 <sup>e</sup>	146,09 ± 10,66 <sup>e</sup>
<b>Fane d'arachide</b>	76,57 ± 10,96 <sup>a</sup>	111,15 ± 10,42 <sup>a</sup>	183,72 ± 17,59 <sup>abc</sup>	213,08 ± 18,86 <sup>abc</sup>	250,33 ± 21,23 <sup>ab</sup>	239,53 ± 10,27 <sup>ab</sup>
<b>Fane de niébé</b>	76,26 ± 10,61 <sup>a</sup>	109,33 ± 12,48 <sup>a</sup>	179,09 ± 14,64 <sup>abcd</sup>	206,03 ± 16,02 <sup>abcd</sup>	245,23 ± 18,55 <sup>ab</sup>	234,96 ± 9,63 <sup>ab</sup>
<b>Paille de riz</b>	45,98 ± 4,51 <sup>d</sup>	68,95 ± 5,89 <sup>cd</sup>	120,52 ± 11,20 <sup>f</sup>	152,63 ± 12,53 <sup>e</sup>	202,94 ± 14,85 <sup>cd</sup>	206,35 ± 10,51 <sup>cd</sup>
<i>S. guyanensis</i>	68,96 ± 10,10 <sup>abc</sup>	100,08 ± 11,18 <sup>ab</sup>	165,58 ± 14,01 <sup>cd</sup>	191,38 ± 14,61 <sup>cd</sup>	226,16 ± 17,22 <sup>bc</sup>	219,44 ± 11,81 <sup>bc</sup>
<b>Son de maïs</b>	62,53 ± 8,08 <sup>abcd</sup>	99,73 ± 8,76 <sup>ab</sup>	193,67 ± 18,71 <sup>ab</sup>	222,98 ± 19,81 <sup>ab</sup>	259,47 ± 22,12 <sup>a</sup>	250,20 ± 10,48 <sup>a</sup>
<b>Son de riz</b>	52,45 ± 9,41 <sup>cd</sup>	84,40 ± 11,53 <sup>bc</sup>	163,95 ± 6,61 <sup>cd</sup>	190,49 ± 10,88 <sup>cd</sup>	222,23 ± 15,90 <sup>bc</sup>	215,74 ± 12,34 <sup>bc</sup>
<b>Son de sorgho</b>	59,14 ± 8,19 <sup>abcd</sup>	100,27 ± 11,60 <sup>ab</sup>	197,85 ± 15,39 <sup>a</sup>	227,80 ± 15,57 <sup>a</sup>	267,95 ± 17,19 <sup>a</sup>	245,26 ± 2,83 <sup>a</sup>
<b>Tiges sorgho pluvial</b>	70,63 ± 13,80 <sup>ab</sup>	98,92 ± 12,37 <sup>ab</sup>	160,96 ± 11,78 <sup>cd</sup>	190,54 ± 13,37 <sup>cd</sup>	226,71 ± 10,73 <sup>bc</sup>	219,07 ± 22,81 <sup>bc</sup>
<b>Tiges sorgho repiqué</b>	75,30 ± 10,96 <sup>a</sup>	106,62 ± 15,46 <sup>ab</sup>	170,89 ± 10,56 <sup>bcd</sup>	199,78 ± 12,13 <sup>bcd</sup>	241,88 ± 14,80 <sup>ab</sup>	236,10 ± 16,53 <sup>ab</sup>
<b>Tourteau de coton</b>	60,80 ± 10,66 <sup>abcd</sup>	86,71 ± 12,90 <sup>bc</sup>	136,89 ± 7,63 <sup>ef</sup>	157,75 ± 10,06 <sup>e</sup>	190,31 ± 12,32 <sup>d</sup>	186,79 ± 11,51 <sup>d</sup>

Les moyennes portant les mêmes lettres dans les mêmes colonnes ne sont pas significativement différentes au seuil.

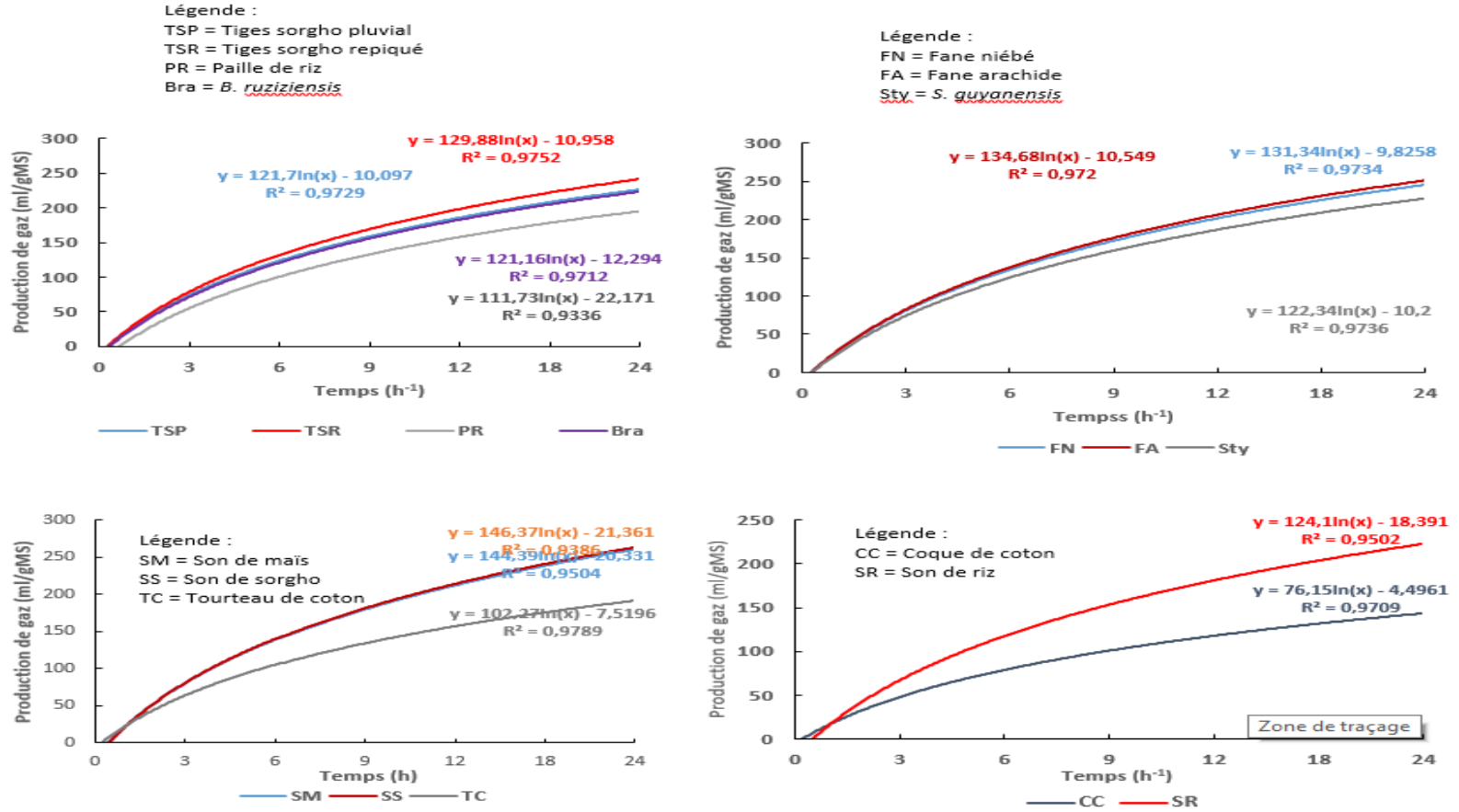


Figure 2 : Profil de production de gaz des substrats.



**Tableau 2 :** Estimation de la digestibilité des substrats et des produits de la digestion.

Substrats	Paramètres de la digestibilité				
	DIMS (%)	DIMO (%)	AGV(mmol/ml)	EM(MJ/KgMS)	MM(mg)
<i>B. ruziziensis</i>	55,25 ± 2,86 <sup>f</sup>	56,54 ± 2,13 <sup>cd</sup>	0,99 ± 0,06 <sup>bc</sup>	8,40 ± 0,33 <sup>cd</sup>	181,92 ± 10,24 <sup>ef</sup>
Coque coton	46,36 ± 0,06 <sup>h</sup>	42,90 ± 1,90 <sup>e</sup>	0,64 ± 0,05 <sup>e</sup>	6,28 ± 0,29 <sup>e</sup>	169,05 ± 5,20 <sup>g</sup>
Fane arachide	62,39 ± 0,04 <sup>d</sup>	61,16 ± 1,83 <sup>ab</sup>	1,09 ± 0,05 <sup>ab</sup>	9,09 ± 0,28 <sup>ab</sup>	208,11 ± 4,02 <sup>d</sup>
Fane niébé	68,73 ± 0,06 <sup>c</sup>	61,38 ± 1,71 <sup>ab</sup>	1,06 ± 0,05 <sup>ab</sup>	9,12 ± 0,26 <sup>ab</sup>	241,62 ± 3,24 <sup>c</sup>
Paille de riz	48,94 ± 0,15 <sup>g</sup>	53,58 ± 1,87 <sup>d</sup>	0,93 ± 0,05 <sup>cd</sup>	7,94 ± 0,29 <sup>d</sup>	155,54 ± 6,13 <sup>h</sup>
<i>S. guyanensis</i>	49,50 ± 0,30 <sup>g</sup>	58,19 ± 2,10 <sup>bc</sup>	0,99 ± 0,06 <sup>bc</sup>	8,64 ± 0,32 <sup>dc</sup>	153,44 ± 8,20 <sup>h</sup>
Son maïs	70,69 ± 1,43 <sup>b</sup>	62,57 ± 1,86 <sup>a</sup>	1,14 ± 0,05 <sup>a</sup>	9,37 ± 0,28 <sup>a</sup>	246,41 ± 6,90 <sup>c</sup>
Son riz	69,93 ± 0,09 <sup>bc</sup>	56,01 ± 2,19 <sup>cd</sup>	0,97 ± 0,06 <sup>bc</sup>	8,24 ± 0,34 <sup>cd</sup>	258,57 ± 3,93 <sup>b</sup>
Son sorgho	83,77 ± 0,70 <sup>a</sup>	61,09 ± 0,50 <sup>ab</sup>	1,11 ± 0,01 <sup>a</sup>	9,14 ± 0,08 <sup>ab</sup>	312,59 ± 2,40 <sup>a</sup>
Tiges sorgho pluvial	54,56 ± 0,11 <sup>f</sup>	54,88 ± 4,06 <sup>cd</sup>	0,99 ± 0,11 <sup>bc</sup>	8,20 ± 0,62 <sup>cd</sup>	178,61 ± 10,04 <sup>fg</sup>
Tiges sorgho repiqué	59,22 ± 0,66 <sup>e</sup>	57,98 ± 2,94 <sup>bc</sup>	1,07 ± 0,08 <sup>ab</sup>	8,67 ± 0,45 <sup>bc</sup>	193,12 ± 10,27 <sup>e</sup>
Tourteau coton	50,60 ± 0,10 <sup>g</sup>	54,76 ± 2,05 <sup>cd</sup>	0,83 ± 0,06 <sup>d</sup>	8,06 ± 0,31 <sup>cd</sup>	172,82 ± 6,06 <sup>fg</sup>

## DISCUSSION

La variation de la production de gaz dépend de la composition chimique des substrats, de la teneur en composés phénoliques et la teneur en tanins. Ces dernières sont fonction de l'espèce et de la famille botanique. Une grande quantité de gaz produit signifie que le substrat est facilement dégradé par le microbiote ruminal. Ainsi, les sons de maïs, de sorgho et les tiges de sorgho sont facilement dégradés dans le rumen. Ceci est dû à leur faible teneur en constituants pariétaux. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Aposi et al. (1998), Larbi et al. (1998), Getachew et al. (2000) et Fructos et al. (2004).

La production de gaz relativement faible du tourteau de coton ( $186,79 \pm 11,51$  ml/gMS), en dépit de sa teneur très élevée en protéines, confirme les constatations de Khazaal et al. (1993) et Aregheore (2000). En effet, ces auteurs rapportent que la contribution de la matière azotée totale à la production de gaz ne constitue pas un facteur significatif.

De manière générale, les résultats de cette étude diffèrent de ceux de Merouane et al. (2014). Selon ces auteurs, la production de gaz à partir des feuilles et des pulpes d'arganier (*Argania spinosa* L.) est maximale dès les premières heures d'incubation ensuite décroît avec le temps.

L'allure des courbes de production de gaz indique bien que la composition chimique a une influence déterminante dans la dégradation des fourrages par les micro-organismes du rumen. Les profils de tiges de sorgho pluvial et de *B. ruziziensis* et ceux du son de maïs et du son de sorgho sont presque confondus. La coïncidence des profils du son de maïs et du son de sorgho s'explique par leur composition chimique. Ces deux ingrédients ont des teneurs en sucres totaux, lignine et polyphénols non significativement différent au seuil de 5% (Blama et al., 2018). Par contre les tiges de sorgho pluvial et le *B.*

*ruziziensis* n'ont pas de composantes chimiques qui sont semblables au seuil de 5%. La coïncidence de leurs profils cinétiques serait due à d'autres facteurs non analysés dans ce travail. L'on penserait à l'influence diversifiée des tanins sur la dégradation des substrats. En effet, l'influence des tanins sur la digestibilité de la ration alimentaire des ruminants dépend essentiellement des interactions que les tanins établissent avec les composants des aliments. Par ailleurs, les tanins peuvent influencer directement le microbiote ruminal et l'activité enzymatique (McSweeney et al., 2001). Cette activité anti-nutritive varie entre les espèces fourragères, en fonction de leur teneur en tanins (Rubanza et al., 2005), de la nature et de la structure des tanins (Dalzell et Kerven, 1998), du degré de leur polymérisation et de leur stéréospécificité aux protéines (Schofield et al., 2001).

La digestibilité de la matière organique est un facteur important de la valeur énergétique d'un fourrage. La matière organique étant la différence entre la matière sèche et les minéraux, pour une même espèce, sa digestibilité est fonction du cycle d'exploitation et varie avec l'âge de la plante (Arrigo, 2014). Les digestibilités des matières organiques des substrats analysés dans cette étude ne sont pas différentes de celles des ensilages d'herbe aux stades tardifs qui est de l'ordre de 60% (Arrigo, 2014). Par contre nos résultats sont inférieurs à ceux de Merouane et al. (2014) pour qui, la digestibilité de la matière organique de feuilles et de pulpes d'arganier sont respectivement de l'ordre de 82,18% et 77,24%.

La forme d'énergie utilisée par les bovins pour les besoins d'entretien, de croissance, de production laitière et de reproduction, provient de l'adénosine triphosphate (ATP). Ce combustible organique ne se trouve pas directement dans la nature. L'animal l'obtient plutôt en

transformant l'énergie contenue dans les aliments qu'il ingère. Cette dernière se retrouve sous différentes formes. Généralement, pour les fourrages, ce sont les hydrates de carbone structuraux et non structuraux et les matières grasses (Dany, 2001).

Les acides gras volatils sont issus du métabolisme ruminal des hydrates de carbone alimentaires (Cuvelier et al., 2005). Les hydrates de carbone alimentaires sont constitués de divers composés qui sont soit issus des parois cellulaires végétales (cellulose, hémicellulose et pectines) soit du contenu cellulaire (amidon et sucres solubles) (Cuvelier et al., 2005). Les bactéries ruminales transforment ces substances en une forme soluble et assimilable qui vont transiter par la membrane plasmique. Une fois à l'intérieur des microorganismes, ces formes solubles (glucose, cellobiose, xylose et acide galacturonique) vont subir un jeu de fermentation en anaérobiose pour donner le pyruvate. Celui-ci subit une dégradation et les principaux produits terminaux sont les acides gras volatils, le dioxyde de carbone et le méthane (Cuvelier et al., 2005). Bien qu'étant des véritables déchets du métabolisme bactérien, les AGV constituent pour le ruminant une source importante d'énergie, puisqu'ils procurent 60 à 80% de l'énergie totale dont il a besoin (Cuvelier et al., 2005); ce qui fait dire que chez les ruminants l'enjeu est de nourrir la masse microbienne.

La production d'AGV totaux de *B. ruziziensis*, *S. guyanensis*, tiges sorgho pluvial, son de riz et paille de riz est comparable à celle de *F. arundinacea* qui est de 0,979 mmol/ml (Zoffoun et al., 2013). Les résultats obtenus à partir de ces ingrédients suscités sont également comparables à ceux obtenus par Mbanzamihigo et al. (2000) à partir du mélange de ray grass et de trèfle. Par contre, la coque et le tourteau de coton ont

une production d'acides gras volatils inférieurs à ceux obtenus par ces auteurs.

L'écosystème microbien du rumen est constitué de 3 populations : la microflore, qui comprend une soixantaine d'espèces bactériennes ( $10^{10}$ - $10^{11}$  cellules/ml), la microfaune, composée essentiellement de protozoaires ciliés ( $10^4$ - $10^6$ /ml) et les champignons anaérobies cellulolytiques, dont la quantification de la population reste imprécise (Cuvelier et al., 2005). Les résultats expérimentaux, obtenus *in vitro* (Fonty et al., 1995) montrent spécifiquement les fonctions dominantes de ces microorganismes. Ainsi, la composition chimique des fourrages a une influence significative sur les types de dégradation des microorganismes et par conséquent sur la masse microbienne produite.

## Conclusion

Les paramètres de dégradation *in vitro* ont permis de classer les substrats en deux groupes: un groupe de qualité médiocre comprenant la paille de riz, les tiges de sorgho pluvial et repiqué, le *S. guyanensis*, le *B. ruziziensis* et la coque de coton et un deuxième groupe de bonne qualité constitué des sous-produits agro-industriels (sons de maïs, sorgho, riz et tourteau de coton) et les fanes des légumineuses.

Les sous-produits céréaliers (tiges de sorgho, paille de riz), le *S. guyanensis* et le *B. ruziziensis* ont une mauvaise digestibilité due à leur contenu fibreux important. Par contre les sous-produits agro-industriels et les fanes de niébé et d'arachide ont une bonne digestibilité. Ces ingrédients produisent une masse microbienne importante après 24 heures d'incubation. Il en est de même de leur teneur en énergie métabolisable et en acides gras volatils.

Une utilisation rationnelle de ses ressources alimentaires pourrait améliorer la productivité des ruminants en zone semi-aride du Cameroun. En effet, bien que les

sous-produits agro-industriels aient de bonnes valeurs nutritives, leur utilisation devrait être raisonnée en fonction de leur prix sur le marché. Par contre les fanes des légumineuses, de bien moindre coût devraient être distribuées aux animaux comme complément pour améliorer la valeur azotée de la ration. Ces ingrédients pourraient être considérés comme des références en zone semi-aride.

### CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs de ce manuscrit déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts entre eux.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans cette étude, RZ et AZP ont validé le protocole de laboratoire. Ils ont facilité l'acceptation des échantillons au Laboratoire des Productions Animales de l'Université de Dschang. YB a de son côté participé activement à la conduite des expérimentations en laboratoire.

### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet AFSI (African Food Security Initiative) porté par le CSIRO et le CORAF pour avoir financé ce travail à travers le Projet d'Intégration des Systèmes Intégrés Agriculture-Elevage (ISIAE) porté par l'Association pour la Promotion de l'Elevage en Savane et au Sahel (APESS) et l'ex Institut Supérieur du Sahel (ISS) de l'Université de Maroua au Cameroun.

### REFERENCES

Andrieu J, Baumont R. 2000. Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage: facteurs de variation et prévision. *Fourrages*, **163**: 239-252. <https://hal.inrae.fr/hal-02690175/document>.

AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis* (14<sup>th</sup> edn). Association of Official Analytical Chemistry: Washington DC.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (15<sup>th</sup> edn). Association of Official Analytical Chemistry: Washington DC.

Aposi SO, Castro FB, Shand WJ, Orskov ER. 1998. Chemical composition, in sacco degradation and *in vitro* gas production of some Ghanaian browse plants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **76**: 129-137. DOI: <https://doi.org/10.1016/S0377-8401%2898%2900205-3>

Aregheore EM. 2000. Chemical composition and nutritive value of some tropical by-product feedstuffs for small ruminant *in vivo* and *in vitro* digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **85**: 99-109. DOI: [10.1016/S0377-8401\(00\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00123-1)

Blama Y, Ziebe R, Pagnah ZA. 2018. Valeur nutritive et efficacité économique des ingrédients alimentaires utilisés dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun. *Afrique Science*, **14**(3): 257-273.

Boufennera S. 2012. Effet des tanins sur la fermentescibilité *in vitro* et la digestibilité in sacco de végétaux et de sous-produits de l'agronomie des zones arides. Essai de modélisation des fermentations du microbiote ruminal. Thèse de Doctorat/Ph.D, Université Mentouri de Constantine, Constantine, p. 179.

Cuvelier C, Cabaraux J-F, Dufrasne I, Istasse L, Hornick JL. 2005. Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant, *Ann. Méd. Vét.*, **149**: 49-59. [http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2005\\_149\\_1\\_05.pdf](http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2005_149_1_05.pdf).

Dalzell SA, Kerven GL. 1988. A rapid method for the measurement of *Leucaena* Spp. Proanthocyanidins by the proanthocyanidin (butanol/HCl) assay. *J. Sci. Food Agri.*, **78**: 405-416. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-)

- 0010(199811)78:3<405::aid-jsfa133>3.0.co;2-g.
- Dany C-M. 2001. Energie. Document de travail Agri-Réseau, Québec, Canada, 13 p.
- Fonty G, Jouany JP, Forano E, Gouet P. 1995. L'écosystème microbien du réticulo-rumen. In *Nutrition des Ruminants Domestique, Ingestion et Digestion*, Jarrige R, Ruckesusch Y, Journet M (eds). INRA Editions: Paris; 299-348.
- Fructos P, Hervas G, Giraldez FJ, Mantecon AR. 2004. An *in vitro* study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows and deers. *Australian J. Agri. Research*, **55**(11): 1125-1132. DOI: 10.1071/AR04058
- Getachew G, Makkar HPS, Becker K. 2000. Tannins in tropical browse: effects on *in vitro* microbial fermentation and microbial protein synthesis in media containing different amounts of nitrogen. *J. Agri. Food chemistry*, **148**: 3581-3588. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf990740v>
- Khazaal K, Dentinho MT, Riberio JM, Orskov ER. 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vivo* and the voluntary intake of hays. *Anim. Prod.*, **57**: 105-112. DOI: <https://doi.org/10.1017/S000335610006668>
- Larbi A, Smith JW, Kurdi IO, Adekunle IO, Raji AM, Ladipo DO. 1998. Chemical composition, rumen degradation and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humids tropics. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **72**: 81-96. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00170-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00170-3).
- Lemoufouet J, Tendonkeng F, Miegoue E, Azoutane J, Matumuini FNE, Fogang BZ, Mboko AV, Boukila B, Pamo ET. 2014. Effet de la mélasse sur l'ingestion et la digestibilité des chaumes de maïs traités à 28% de fientes de poules chez les petits ruminants. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1581-1593. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i4.20
- Makkar HPS. 2002. Application of the *in vitro* method in the evaluation of feed resources, and enhancement of nutritional value of tannin-rich tree/browse leaves and agro-industrial by-products. International Atomic Energy Agency, Vienna, p. 1-19.
- Mbanzamihigo L, Da Costa GC, Fievez V, Piattoni F, Carlier L, Demeyer D. 2000. Nitrogen fertilisation effects on sward and methane production: importance of season and animal effects. 25<sup>e</sup> Proceedings Studiedag voor Nederlandstalige Voedingsonderzoekers, Wageningen, p. 38-39.
- Mbow MA, Traore EH, Diouf M, Akpo LE. 2013. Valeurs bromatologique et nutritive de jeunes feuilles de *Sterculia setigera* Del. en milieu soudanien au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(1): 203-212. DOI: 10.4314/ijbcs.v7i1i.17
- McSweeney CS, Palmer B, McNeill DM, Krause DO. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Annals Feed Sci. and Technol.*, **91**: 83-93. DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00232-2.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.*, **93**:

- 217-222. DOI: 10.1017/S0021859600086305
- Merouane A, Noura A, Khelifa ZM. 2014. Estimation *in vitro* de la valeur énergétique d'*Argania spinosa* L. d'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, **5**(26): 1-7. <http://www.lrrd.org/lrrd26/5/abde26092.html>.
- Nchoutnji AL, Dongmo M, Mbiandoun, Dugué P. 2010. Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs : cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun. *Tropicultura*, **28**(3): 133-138. <http://www.tropicultura.org/text/v28n3/133.pdf>.
- Oumarou M, Aboh BA, Babatounde S, Houinato M, Sinsin B. 2010. Valeur pastorale, productivité et connaissances endogènes de l'effet de l'invasion, par *Hyptis suaveolens* L. Poit., des pâturages naturels en zone soudano-guinéenne (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(4): 1262-1277. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i4.63062
- Rubanza CDK, Shem MN, Otsyina R, Bakengesa SS, Ichinohe T, Fujihara T. 2005. Polyphenolics and tannins effect on *in vitro* digestibility of selected Acacia species leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **119**: 129-142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.004>.
- Sanou S, Sawadogo L, Kabore-Zoungrana CY. 2010. Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(5): 1519-1528. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i5.65569
- Schofield P, Mbugua DM, Pell AN. 2001. Analysis of condensed tannins. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **91**: 21-40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0).
- Van Soest PJ, Robertson JB. 1985. Analysis of forage and fibrous foods. A Laboratory Manual For Animal Science, Corne II University, 613p.
- Zoffoun GA, Aboh BA, Mbanzamihigo L, Fievez V. 2013. Composition chimique, dégradabilité *in sacco* et produits de fermentation *in vitro* de la fétuque élevée (*Festuca arundinacea*). *J. Appl. Biosci.*, **67**: 5173-5182. DOI: 10.4314/jab.v67i0.95014