



Original Paper

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

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

Effet de l'association entre le tourteau de coton et les gousses de *Piliostigma reticulatum* (dc) Höchst sur l'ingestion et la digestibilité de la paille de riz

S. TRAORE¹, S. OUEDRAOGO-KONE², A. SAMAKE³, M. D. TRAORE³ et
K. BENGALY^{1*}

¹Université de Ségou, Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale, Ségou, Mali

²Institut du Développement Rural, Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

³Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique Niono, Mali

*Auteur correspondant, E-mail : konis6@gmail.com; Tél. (+223)75010225

Received: 15-01-2022

Accepted: 03-06-2022

Published: 30-06-2022

RESUME

L'effet associatif entre les constituants d'une ration peut induire un effet positif ou négatif sur les performances de production des ruminants, en fonction de la nature des constituants de la ration. De plus, la prédiction de la valeur alimentaire de la ration sur la base de la somme des valeurs des constituants comporte beaucoup de limites. Deux essais ont été conduits pour évaluer l'effet associatif entre du tourteau de graine de coton non décortiquée (TBM) et les gousses de *Piliostigma reticulatum* (GP) sur l'ingestion volontaire (essai 1) et la fermentation *in vitro* à l'aide de la technique du gaz test (essai 2) de la paille de riz seule (PS) ou avec la mélasse et l'urée (PMU). Le TBM a été ajouté à PS ou à PMU dans la proportion: 70 / 30 (PS/TBM ou PMU / TBM). Les GP ont été ensuite substituées au TBM dans la proportion de 15%. Quatre rations ont été formulées pour l'essai 1: R1 (70% PS + 30% TBM), R2 (70% PMU + 30% TBM), R3 (70% PMU + 15% TBM + 15% GP) et R4 = R3 mais TBM et GP ont été distribués de façon séquentielle. Deux autres rations: 100% PS et 100% PMU en plus des rations précédentes, ont servi de substrats pour le gaz test. La ration R2 comparée à R1 a significativement ($p < 0.05$) amélioré les performances de croissance des taurillons. Par contre, l'apport de GP n'a pas eu d'effet car les GP n'ont pas été consommées tout au long de l'essai. Contrairement aux traitements PS et TBM (essai 2), les traitements PMU et TBM ont engendré une augmentation significative ($p < 0.05$) du taux horaire (c) de fermentation de la fraction insoluble (b), la concentration des acides gras volatiles (AGV) et la production de gaz à 12, 24, 36 et 48 h. L'interaction entre PMU, TBM et GP a été positive et significative. L'apport de la mélasse-urée en plus du tourteau et les gousses de *Piliostigma* a permis d'améliorer la valeur nutritive de la paille de riz.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Paille, compléments alimentaires, croissance, gaz test, effet associatif.

Associative effect between cottonseed cake and *Piliostigma reticulatum* (dc) Höchst pods on intake and digestibility of rice straw

ABSTRACT

The associative effect between the constituents of a ration can positively or negatively affect ruminant animals' performances, depending on the nature of the constituents of the ration. Moreover, predicting the feeding value of the ration by simply adding the individual feed value of the constituents has some limitations.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

9055-IJBCS

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.14>

Two trials were conducted to assess the associative effect between unhulled cottonseed meal (TBM) and *Piliostigma reticulatum* pods (GP) on voluntary intake (trial 1) and *in vitro* fermentation using the gas production technique (trial 2) of rice straw alone (PS) or PS with molasses and urea (PMU). TBM was added to PS or PMU in the proportion: 70/30 (PS/TBM or PMU/TBM). The GPs were then substituted for the TBM in the proportion of 15%. Four rations were formulated for trial 1: R1 (70% PS + 30% TBM), R2 (70% PMU + 30% TBM), R3 (70% PMU + 15% TBM + 15% GP) and R4 = R3 but TBM and GP distributed sequentially. Two other rations: 100% PS and 100% PMU in addition to the previous rations, served as substrates for the gas test. The R2 ration compared to R1 significantly ($p < 0.05$) improved the growth performance of the young bulls. On the other hand, the supply of GP had no effect because the GP were not consumed throughout the trial. Unlike the PS and TBM treatments (trial 2), the PMU and TBM treatments generated a significant increase ($p < 0.05$) in the hourly rate (c) of fermentation of the insoluble fraction (b), the concentration of volatile fatty acids (VFAs) and gas production at 12, 24, 36 and 48 h. The interaction between PMU, TBM and GP was positive and significant. The supply of molasses and urea in addition to cottonseed cake and *Piliostigma* pods improved the nutritional value of rice straw.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords : Straw, supplements, growth, gas test, associative effect.

INTRODUCTION

Depuis près d'une décennie, les actions entreprises pour accroître le disponible en lait-viande au Mali, n'ont pas encore produit les effets escomptés, eu égard à la saisonnalité même de la production (DNPIA, 2015). Dans les régions semi-arides comme celle de Ségou, la contrainte majeure à l'augmentation du disponible en lait et en viande est que les animaux font face à une situation alimentaire déficitaire surtout en protéines pendant la longue saison sèche de l'année ; ceci se traduit par des pertes de poids allant de 15 à 25% (Bartholomew et al., 2003), menaçant même la vie de l'animal. L'effet bénéfique du tourteau de coton comme complément de protéine à une ration à base de paille est bien connu des agro-éleveurs depuis fort longtemps. Mais sa faible disponibilité et son coût relativement élevé limitent son utilisation à grande échelle. Par conséquent, il doit être utilisé de façon plus efficiente pour stimuler la digestion du fourrage pauvre dans le rumen et/ou la performance animale. En outre, le constat général est que le tourteau est actuellement obtenu à partir de la graine de coton non décortiquée et non dépourvue du son linter (Cissé, 2021). Or, certains chercheurs

(Bo et al., 2012) ont observé que les produits de graine de coton non décortiquée et non dépourvue du linter après incubation *in*

vitro et *in situ* ont une faible digestibilité à cause de la structure cristalline des fibres. Par conséquent, l'apport de tels produits comme complément à une ration à base de paille augmenterait le volume de l'indigestible dans le rumen, résultant en une faible ingestion. L'Huilerie Ba Mariama de Ségou a suscité l'espoir tant de réduire le coût que d'améliorer la qualité du tourteau de coton en entreprenant la production d'un autre type d'aliment par l'incorporation d'autres ingrédients localement disponibles. Cela nécessite au préalable des études sur l'évaluation des effets associatifs entre le tourteau, ces autres ingrédients et la ration de base. En général, les aliments sont évalués individuellement sur la base de leur valeur nutritive, mais pas en tant que mélanges de plusieurs aliments que les animaux habituellement consomment. On suppose que la valeur nutritive de la ration est la somme des valeurs de chaque ingrédient dans la ration. Cependant, plusieurs auteurs (Niderkorn et Baumont, 2009; Sun et al., 2020) ont rapporté que cette approche comporte beaucoup de limites car un fourrage peut influencer positivement ou négativement un autre en termes d'utilisation digestive des protéines.

Les observations antérieures (Bengaly et al., 2020) ont montré que le tourteau Ba Mariama (TBM) est déficitaire en énergie fermentescible et que la dégradabilité de

l'azote dans le rumen est relativement élevée (>70%). L'amélioration de sa valeur alimentaire chez des animaux au stade de production (croissance, lait) nécessite donc l'apport d'autres sources d'énergie et surtout de protéines non-dégradables dans le rumen et digestibles dans l'intestin (Nobar, 2011 ; Tensaba et al., 2021). D'autres chercheurs (Ben Salem et al., 2005) ont suggéré que l'apport simultané et/ou séquentiel d'une légumineuse riche en tannins avec un tourteau oléagineux permettrait de réduire la dégradation de la protéine du tourteau dans le rumen par la formation d'un complexe protéine-tannin et donc une augmentation de la fraction arrivant dans l'intestin grêle ; ce qui engendrerait une amélioration des performances de l'animal. Les gousses de *Piliostigma* contiennent 2% de tannins (Abdurrahman et al., 2017). Cette teneur en tannins est dans le seuil tolérable qui est compris entre 2 et 3% et qui a d'ailleurs un effet bénéfique chez les ruminants (Njidda, 2010). Ce qui justifie le choix de cette espèce fourragère.

Pendant les dernières décennies, la méthode du gaz-test a été largement utilisée pour évaluer les interactions digestives entre les constituants de la ration (Davies et al., 2000 ; Makkar, 2005 ; Tendonkeng et al., 2018 ; Sun et al., 2020). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la substitution du tourteau de coton Ba Mariama par les gousses de *Piliostigma reticulatum* sur la fermentation *in vitro* et l'ingestion de la paille de riz avec ou sans mélasse-urée chez des taurillons.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Essai d'alimentation (essai 1)

Site de l'essai et conduite des animaux

L'essai a été mené à la Station du Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA) de Niono, localisée à 14°15'09'' Nord et 5°59'34'' Ouest, du 25 Mars au 05 Juillet 2019. Sur l'année, la température moyenne est de 28.7°C et les précipitations sont en moyenne de 493 mm. Seize (16) taurillons pesant en moyenne 149,06±19,11 kg, ont été

achetés au marché à bétail de la ville de Niono, vaccinés contre la pasteurellose et le charbon symptomatique puis déparasités contre les parasites internes et externes. Les animaux étaient maintenus en stabulation pendant toute la période de l'essai.

Dispositif expérimental et rations alimentaires

Plusieurs ingrédients ont été utilisés : la paille de riz récoltée dans la zone Office du Niger à Niono, le tourteau de coton de l'Huilerie Ba Mariama (TBM) à Ségou, les gousses de *Piliostigma reticulatum* (GP) ont été récoltées à l'extrême sud de la zone semi-aride où la pluviométrie moyenne annuelle avoisine 800 mm, la mélasse de canne à sucre a été obtenue à la sucrerie de Dougabougou et l'urée agricole. Les animaux ont été répartis en 4 lots de 4 animaux chacun sur la base du poids vif (Tableau 1). A l'intérieur de chaque lot, 4 rations ont été distribuées au hasard aux animaux. Ils recevaient comme ration de base la paille de riz seule (PS) ou la paille mélangée à une solution de mélasse-urée (PMU) selon la procédure décrite par Chowdhury (2001), c'est-à-dire, 82% paille, 15% mélasse et 3% urée. Les deux rations de base (PS et PMU) étaient apportées à raison de 70%. Au début de l'essai, la paille était apportée à raison de 2,5% du poids de l'animal. Ce niveau d'apport initial de la ration de base a été ajusté en fonction du niveau de refus fixé autour de 20% de la quantité de paille offerte. En plus de la mélasse et de l'urée, les autres compléments (TBM et GP) étaient apportés à raison de 30% de la ration de base suivant le ratio (50 : 50).

Les 4 rations testées étaient les suivantes:

Ration 1 (R1): PS (70%) + TBM (30%)

Ration 2 (R2): PMU (70%) + TBM (30%)

Ration 3 (R3): PMU (70%) + (TBM : 15% + GP : 15% en mélange)

Ration 4 (R4): R3, mais TBM distribué après consommation complète de GP.

Les animaux ont été répartis entre les rations expérimentales suivant le dispositif en blocs de Fisher randomisés. La collecte des données ont porté sur l'ingestion volontaire

journalière de la paille et l'évolution du poids des animaux tous les 15 jours.

Méthodes analytiques

Analyses bromatologiques

Les teneurs en Matière Sèche (MS), Matière Organique (MO), Extractif Ethéré (EE), Protéines Brutes (PB) et Cellulose Brute (CB) ont été déterminées selon les méthodes AOAC (2000). Les teneurs en constituants pariétaux en particulier les Fibres solubles dans le Détergent Neutre (NDF) et celles solubles dans le Détergent Acide (ADF) ont été déterminées selon la méthode des sachets filtrants établie par Ankom (Akomp²⁰⁰ fiber analyser) en suivant la méthode de Van Soest et al. (1991). La fraction des hydrates de carbone non-fibreux (CNF) a été calculée comme suit:

$CNF = 100 - (\% CP + \% NDF + \% EE + \% Ash)$ (Hall, 2000).

Analyses statistiques

Les gains de poids des animaux ont été calculés par la régression des poids périodiques sur le temps en jours. L'effet des rations sur l'ingestion de la paille et le gain de poids des animaux a été testé par analyse de variance pour blocs randomisés. Dans l'analyse finale, l'effet des rations a été examiné à travers les contrastes suivants :

R1 vs R2 : effet de la mélasse-urée

R2 vs R3 + R4 : effet de la légumineuse

R3 vs R4 : effet du mode de distribution de la légumineuse et du tourteau.

Essai *in vitro* (essai 2).

Cet essai a été conduit entre Mars et Juin 2021. Les mêmes aliments de l'essai 1 à savoir, la paille de riz seule (PS), la paille mélasse-urée (PMU) et les gousses de *Piliostigma* (GP) ont servi de substrats pour l'étude *in vitro*. Des échantillons de ces aliments ont tous été récoltés dans le cercle de Ségou, zone semi-aride. Environ 1 kg de chaque échantillon a été envoyé au Laboratoire de la Faculty of Agriculture, Food and Consumer Sciences, University for Development Studies (UDS), Nyankpala Campus, Tamale (Ghana) pour les analyses chimiques et le gaz test.

Préparation des échantillons pour le gaz test

Afin d'évaluer les interactions entre ces différents ingrédients, les mélanges correspondant aux 3 premières rations (R1, R2 et R3) de l'essai 1 ont également servis de substrats. Ceux-ci étaient labellisés comme suit : PS-TBM (R1), PMU-TBM (R2) et PMU-TBM-GP (R3). Les effets interactifs ont été calculés selon la méthode utilisée par Sun et al. (2020), en comparant la production de gaz observée avec celle prédite pour les différents constituants d'une ration. Les valeurs observées étaient celles issues de la fermentation des rations (c'est-à-dire, PS-TBM, PMU-TBM et PMU-TBM-GP), et les valeurs prédites étaient les valeurs moyennes de la fermentation des constituants de la ration (c'est-à-dire, PS, TBM, PMU et GP). Par exemple, la valeur prédite de PS-TBM = (la valeur observée de PS multipliée par la proportion de PS dans PS-TBM; càd, 0,70) + (la valeur observée de TBM multipliée par la proportion de TBM dans PS-TBM ; càd, 0,30).

Les échantillons de chacun des aliments et des rations, préalablement séchés à l'air libre ont été broyés au tamis de 1 mm puis séchés la veille à l'étuve à la température de 60°C pour les analyses chimiques.

Analyses bromatologiques

Les mêmes types d'analyses que dans l'essai 1 ont été effectués.

Procédures de la fermentation in vitro

Environ 200 mg des échantillons broyés et séchés à l'étuve ont été pesés dans un tube à essai de 50 ml pour incubation. Le tampon a été préparé selon la procédure de McDougall (1948) et placé dans un bain-marie avec un apport continu de dioxyde de carbone (CO₂) jusqu'à ce que le liquide du rumen soit prêt. Le liquide du rumen a été collecté dans le rumen de 3 bovins immédiatement après leur abattage à l'abattoir de Tamale (Ghana) et mis dans thermostat préchauffé. Les animaux étaient sur pâturage naturel avec une supplémentation minimale avant leur abattage. Le liquide du rumen a été filtré à travers une toile à quatre couches et mélangé avec le tampon dans un rapport de 1 : 4 avec un apport continu de CO₂

pour le maintenir à l'état tamponné. Environ 30 ml du jus de rumen tamponné ont été distribués dans chaque tube à essai contenant les échantillons à l'aide d'une seringue de 50 ml et placés dans un bain-marie à 39°C. La production de gaz a été mesurée à l'aide d'un manomètre numérique après 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72 et 96 h. Le contenu des tubes à essai a été agité à chaque fois que le gaz était mesuré. Les mesures de fermentation 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, faisant au total six (6) répétitions par substrat. Les volumes moyens de gaz produits ont été ajustés au modèle exponentiel de Ørskov et McDonald (1979) :

$Y = a + b(1 - e^{-ct})$ pour déterminer les paramètres de fermentation (a, b and c) où,
 Y = volume de gaz produit au temps t (ml)
 a = gaz produit à partir de la fraction soluble de l'aliment (ml)
 b = gaz produit à partir de la fraction insoluble (ml)
 c = taux horaire de fermentation de la fraction b (ml.h⁻¹)

t = temps (h)

L'énergie métabolisable (ME), la digestibilité *in vitro* de la matière organique (DIVMO) et le volume molaire des acides gras volatiles (AGV) ont été calculés à partir des équations de Menke et Steingass (1988):

$$ME \text{ (MJ/kg MS)} = 14,30 - (0.0134 * ADF)$$

$$DIVMO \text{ (\%)} = 16,49 + 0.9042 * GP_{24h} + 0.0492 * PB(\%) + 0.0387 MM \text{ (\%)}$$

$$AGV \text{ (mmol)} = 0.0239 * GP_{24h} * 0.0601, \text{ où,}$$

GP_{24h} = gaz produit (ml/200 mg MS à 24 h);

PB = protéines brutes ; MM = matières minérales ou cendres

Analyses statistiques

Les données sur la composition chimique ont été analysées suivant le GLM PROC de SAS version 9.4 selon le dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés à 3 répétitions. Quant aux données du gaz test, le MIXED PROC de SAS version 9.4 a été utilisé selon le dispositif en blocs randomisés de Fisher avec les séries d'incubation (n = 6) comme blocs. Les moyennes des moindres carrés sont présentées pour tous les paramètres. Les différences entre les traitements ont été examinées à l'aide du test de Tukey. Le test-t de Student a été utilisé pour comparer les effets interactifs des aliments.

Tableau 1 : Dispositif expérimental.

Lot	Rations alimentaires ¹			
	R1	R2	R3	R4
Poids initial (kg)				
I	130	126	123	128
II	145	142	140	137
III	153	156	150	150
IV	177	175	168	185
Moyenne ± ET	151,3±21,6	149,7±20,8	145,3±18,8	150,0±25,0

¹R1 : Paille de riz seule (70%) + Tourteau de coton Ba Mariama (30%) ; R2 : Paille-mélasse-urée (70%) + Tourteau de coton Ba Mariama (30%) ; R3 : Paille-mélasse-urée (70%) + Tourteau de coton de Ba Mariama (15%) + Gousses de *Piliostigma reticulatum* (15%) ; R4 : R3 où le Tourteau est distribué après consommation complète des gousses de *Piliostigma*.

RESULTATS

Essai 1

Composition chimique des aliments

La paille contient plus de matières minérales que les autres aliments (Tableau 2). L'adjonction de la solution mélasse-urée à la paille a considérablement réduit les teneurs en NDF et en ADF et a augmenté la teneur en PB d'environ 40%. Le tourteau est de loin le plus riche en PB et la paille seule présentait la plus faible teneur. Les gousses de *P. reticulatum* avaient une valeur en PB à peu près égale à celle de la paille enrichie avec la mélasse et l'urée.

Ingestion volontaire de la paille et performances de croissance des taurillons

Comme le montrent les données du Tableau 3, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les rations par rapport à l'ingestion de la paille (kg MS/jour). Les quantités ingérées étaient respectivement de : 4,89 ; 4,74 ; 4,64 et 4,71 pour R1, R2, R3 et R4. Il ressort que l'adjonction de la mélasse et de l'urée à la paille (R1 vs R2) a amélioré de façon significative ($p < 0,05$) les performances pondérales des animaux (325 vs 481 g/jour). Par contre, l'apport des gousses de *P. reticulatum* n'a pas eu d'effet significatif ($p > 0,05$) sur le gain de poids des animaux durant toute la période de l'essai.

Indice de consommation

Les animaux recevant R2 avaient un indice de consommation (IC) significativement inférieur ($p < 0,05$) à celui de ceux soumis à R1

Essai 2

Composition chimique des aliments

La composition chimique des aliments est représentée dans le Tableau 4.

Production cumulée de gaz des aliments

Le profil de production de gaz pour chaque aliment est représenté dans la Figure 1. Au début de l'incubation (3 h), la paille de riz seule (PS) avait la valeur la plus basse ($p < 0,05$). L'adjonction de l'urée et de la mélasse à la paille (PMU) a significativement augmenté ($p < 0,05$) la production de gaz après 6 h d'incubation. Pendant la même période et un peu au-delà jusqu'à 9 h d'incubation, les traitements GP et TBM avaient le même profil

de production de gaz ($p > 0,05$). Par contre, aux dernières heures d'incubation (entre 24 et 96 h), le volume de gaz produit par les gousses a été plus important que celui produit par le tourteau. Des différences significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre TBM et PS jusqu'à 36 h, mais les deux échantillons ont pratiquement présenté le même profil de production de gaz à partir de 48 h d'incubation. La production de gaz pour le tourteau et pour la paille mélangée à la mélasse et l'urée était similaire jusqu'à 24 h d'incubation, mais à partir de là la paille mélasse-urée avait une vitesse de fermentation plus rapide que celle du tourteau.

Paramètres de fermentation des aliments et des différentes rations

Les paramètres de fermentation *in vitro* des aliments et des rations sont représentés dans le Tableau 5. A l'exception du taux horaire de fermentation de la fraction insoluble, les autres paramètres n'ont pas significativement varié entre les aliments; l'aliment TBM avait la valeur la plus élevée. Par contre, des variations notables ($p < 0,001$) ont été observées entre les traitements pour la production de gaz aux différentes périodes d'incubation (12, 24, 36 et 48 h); les gousses de *Piliostigma* présentaient de façon consistante les valeurs les plus élevées tandis que les plus faibles valeurs étaient observées chez la paille de riz seule. L'aliment GP, dont la digestibilité *in vitro* de la matière organique était la plus élevée ($p < 0,05$), avait aussi la teneur la plus élevée en énergie métabolisable par rapport aux autres aliments et le traitement PMU avait une valeur intermédiaire. En général, les mêmes tendances ont été observées pour la production d'acides gras volatiles (AGV).

L'incorporation du tourteau de coton ou les gousses de *P. reticulatum* à la paille avec ou sans mélasse-urée n'a pas eu d'impact significatif sur la production de gaz à partir de la fraction soluble. Cependant, l'apport de ces compléments à la paille mélangée avec la mélasse et l'urée (PMU) a augmenté la vitesse de fermentation de la fraction insoluble. La production cumulée de gaz aux différentes

périodes d’incubation (12, 24, 36 et 48 h) ainsi que la production des AGV ont significativement augmenté ($p < 0,001$) lorsque le tourteau était partiellement substitué aux gosses de *P. reticulatum* dans la ration R3 (PMU-TBM-GP).

Effets interactifs entre les aliments

Les résultats sur les effets interactifs entre les aliments constituant les rations étudiées pour la production de gaz après les différentes périodes d’incubation (12, 24, 36 et 48 h) et des AGV sont portés dans le Tableau 6. Aucune différence significative n’a été observée entre les valeurs observées et les valeurs prédites pour la production cumulée de

gaz après les périodes d’incubation avec les rations R1 et R2. Par contre, avec la ration R3, les valeurs observées étaient supérieures ($p < 0,05$) aux valeurs prédites après 36 et 48 h d’incubation, indiquant alors une interaction positive entre les constituants de cette ration. De même, les valeurs observées des AGV étaient nettement supérieures ($p < 0,001$) aux valeurs prédites avec toutes les rations étudiées, indiquant aussi une interaction positive pour ce paramètre et l’amplitude de cet effet augmentait quand la paille de riz mélangée avec la mélasse et l’urée était supplémentée avec le tourteau ou les gosses de *P. reticulatum*.

Tableau 2 : Teneur en matière sèche et composition chimique (% MS) des aliments.

	Paille seule	Paille+Mélasse+Urée	Tourteau Ba Mariama	Gosses de <i>P. reticulatum</i>
MS ¹	93,43	90,87	93,97	91,85
MM	14,17	13,82	5,43	6,11
MG	nd*	nd	7,34	nd
CB	nd	nd	26,12	nd
PB	4,94	9,75	18,75	8,22
NDF	64,47	53,06	50,89	48,38
ADF	35,52	29,82	34,45	41,98

¹ MS: Matière Sèche, MM: Matières Minérales, MG: Matières Grasses, CB: Cellulose Brute, PB: Protéines Brutes, NDF: Fibres solubles dans le Détergent Neutre, ADF: Fibres solubles dans le Détergent Acide, *nd = non déterminé.

Tableau 3 : Ingestion de la paille et performances de croissance des taurillons recevant les rations expérimentales.

Paramètres	Rations alimentaires ¹					R1 vs R2	R2 vs R3&R4	R3 vs R4
	R1	R2	R3	R4	ET ⁺			
Poids vif initial (kg)	151	150	145	150	21,2	NS	NS	NS
Poids vif final (kg)	195	210	195	199	19,8	NS	NS	NS
Gain moyen quotidien (g/jour)	325	481	417	372	49,6	*	NS	NS
Quantité de paille ingérée (kg MS/jour)	4,9	4,7	4,6	4,7	0,4	NS	NS	NS

Quantité de TBM ingérée (kg MS /jour)	1,50	1,47	-	-	-	-	-	-
Quantité totale ingérée (kg MS/jour)	6,39	6,21	-	-	-	-	-	-
Indice de consommation (MSI/GMQ)	16,4	10,1	11,7	12,4	1,7	*	NS	NS

¹R1 : Paille de riz seule (70%) + Tourteau de coton de l’Huilerie Ba Mariama (30%) ; R2 : Paille-mélasse-urée (70%) + Tourteau de coton de l’Huilerie Ba Mariama (30%) ; R3 : Paille-mélasse-urée (70%) + Tourteau de coton de l’Huilerie Ba Mariama (15%) + Gousses de *Piliostigma reticulatum* (15%) ; R4 : R3 où le Tourteau est distribué après consommation complète des Gousses de *Piliostigma*

[†]ET = Ecart-type ; *($P < 0,05$) ; NS : non significatif ($P > 0,05$)

Tableau 4 : Composition chimique des aliments (g.kg⁻¹ MS).

Aliments	MS (g.kg ⁻¹)	Composition Chimique (g.kg ⁻¹ MS) ¹						
		MM	MO	PB	NDF	ADF	EE	CNF
Paille de riz seule	930	159 ^b	771 ^d	39 ^d	687 ^a	314 ^a	9 ^d	106 ^d
Paille+mélasse+urée	965	179 ^a	786 ^c	69 ^c	490 ^b	249 ^b	14 ^c	248 ^c
Tourteau Ba Mariama	965	62 ^d	903 ^a	109 ^b	456 ^c	313 ^a	70 ^a	304 ^b
Gousses de <i>P. reticulatum</i>	937	67 ^c	871 ^b	217 ^a	298 ^d	221 ^c	22 ^b	397 ^a
ET		1,27	3,95	1,80	7,61	7,11	0,76	1,09
Probabilité		***	***	***	***	***	***	***

¹MS: Matière Sèche, MM: Matières Minérales, MG: Matières Grasses, CB: Cellulose Brute, PB: Protéines Brutes, NDF: Fibres solubles dans le Détergent Neutre, ADF: Fibres solubles dans le Détergent Acide, EE : Extractif Ethéré, CNF : Hydrates de Carbone non-Fibreux , ET : écart-type

^{a,b,c,d} Les moyennes portant différentes lettres dans la même colonne sont différentes ($p < 0,05$), ***($p < 0,001$).

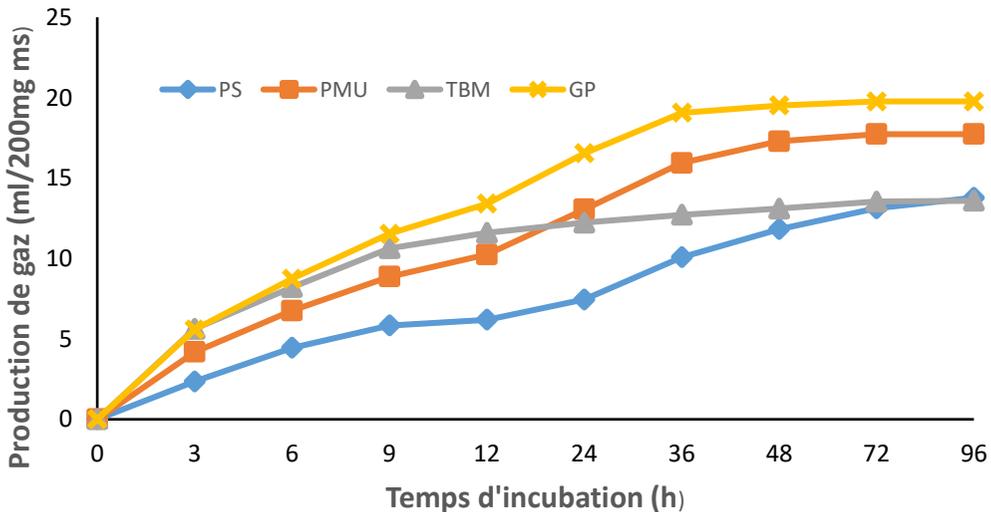


Figure 1: Production cumulée de gaz de chaque aliment aux différentes périodes d'incubation. PS: paille seule; PMU: paille-mélasse-urée; TBM: tourteau Ba Mariama;

Tableau 5 : Paramètres de fermentation *in vitro* des aliments et des rations après 24 h d'incubation.

Paramètres ²	Aliments						Rations ¹				
	PS	PMU	TBM	GP	ET	Prob	PS-TBM R1	PMU-TBM R2	PMU-TBM-GP R3	ET	Prob
a (ml)	2,27 ^a	2,03 ^a	0,54 ^a	1,97 ^a	0,53	0,168	3,08 ^a	2,52 ^a	2,94 ^a	0,45	0,187
b (ml)	13,40 ^{ab}	15,91 ^{ab}	12,60 ^b	17,75 ^a	1,36	0,094	12,53 ^b	14,86 ^{ab}	17,10 ^a	0,81	0,021
c (h)	0,032 ^c	0,058 ^{bc}	0,172 ^a	0,081 ^b	0,013	p<0,001	0,028 ^b	0,056 ^a	0,065 ^a	0,008	0,031
PG12 (ml)	6,19 ^c	10,25 ^b	11,60 ^{ab}	13,41 ^a	0,68	p<0,001	7,27 ^c	9,98 ^b	12,46 ^a	0,47	p<0,001
PG24 (ml)	7,45 ^c	13,05 ^b	12,23 ^b	16,54 ^a	0,62	p<0,001	7,67 ^c	12,41 ^b	15,42 ^a	0,53	p<0,001
PG36 (ml)	10,08 ^d	15,94 ^b	12,72 ^c	19,06 ^a	0,53	p<0,001	10,23 ^c	15,2 ^b	18,25 ^a	0,53	p<0,001
PG48 (ml)	11,82 ^c	17,29 ^b	13,10 ^c	19,52 ^a	0,49	p<0,001	12,17 ^c	16,73 ^b	19,69 ^a	0,58	p<0,001
DIVMO (%)	33,43 ^b	35,56 ^b	35,48 ^b	45,55 ^a	0,72	p<0,001	nd	nd	nd	nd	nd
AGV (mmol)	0,011 ^c	0,019 ^b	0,017 ^b	0,024 ^a	0,001	p<0,001	0,166 ^c	0,271 ^b	0,338 ^a	0,013	p<0,001
EM (MJ/kgDM)	10,09 ^c	10,96 ^b	10,10 ^c	11,33 ^a	0,09	p<0,001	nd	nd	nd	nd	nd

¹R1: 70% paille seule (PS) et 30% tourteau Ba Mariama (TBM); R2: 70% paille-mélasse-urée (PMU) et 30% TBM; R3: 70% PMU+15%TBM+15% +15% gousses de *P. reticulatum* (GP). ² (a): fraction soluble; (b): fraction insoluble mais fermentescible; (c): taux horaire de fermentation de la fraction b; PG (12, 24, 36, 48) : production cumulée de gaz après 12, 24, 36 et 48 h ; DIVOM : digestibilité *in vitro* de la matière organique; AGV : acide gras volatile; EM: énergie métabolisable. ET : écart-type ; Prob :probabilité; nd : non déterminé; ^{abc} Les moyennes portant différentes lettres dans la même ligne sont différentes (p < 0,05).

Tableau 6 : Effets interactifs entre les aliments sur la production de gaz et des acides gras volatiles dans les rations (R1, R2 et R3).

Paramètres ²	PS-TBM ¹ (R1)				PMU-TBM (R2)				PMU-TBM-GP (R3)			
	Préd	Obs	ET	Prob	Préd	Obs	ET	Prob	Préd	Obs	ET	Prob
GP12	7,82	7,27	1,08	0,621	10,65	9,99	0,82	0,432	10,93	12,46	1,11	0,195
GP24	8,88	7,67	0,87	0,194	12,81	12,41	0,81	0,637	13,45	15,42	1,1	0,104
GP36	10,88	10,23	0,76	0,415	14,97	15,20	0,78	0,773	15,92	18,25	0,97	0,038
GP48	12,2	12,17	0,71	0,961	16,03	16,73	0,82	0,416	16,99	19,69	0,84	0,014
AGV	0,013	0,166	0,02	0,001	0,019	0,271	0,02	0,000	0,019	0,338	0,03	0,000

¹préd, valeur prédite (valeur moyenne des constituants de la ration); obs, valeur observée (valeur expérimentale); R1: 70% paille seule (PS) et 30% tourteau Ba Mariama (TBM); R2: 70% paille-mélasse-urée (PMU) et 30% TBM; R3: 70% PMU+15%TBM+15% gousses de *P. reticulatum* (GP). ²PG (12, 24, 36, 48) : production cumulée de gaz après 12, 24, 36 et 48 h ; AGV, acide gras volatile.

DISCUSSION

Composition chimique des aliments

L'apport de l'urée à la paille de riz devrait engendrer une augmentation plus importante de la teneur en PB à environ 12-13% au lieu de 7-9% (Tableaux 2 et 4). Cela serait dû à la durée de conservation des échantillons avant les analyses de laboratoire ; une partie de l'azote ammoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) a dû se volatiliser pendant la période de conservation. Toutefois, au vu de la méthode d'apport utilisée dans cette étude, qui consistait à arroser la paille avec la solution de mélasse-urée au moment même de la distribution des aliments, il est possible que les animaux aient pu avoir accès à une quantité plus importante d'azote provenant de l'urée. Le remplacement partiel de la paille avec la mélasse (15%) a entraîné une réduction de la teneur de la paille en NDF et en ADF. Chowdhury (2001) a observé le même phénomène avec la paille de riz. La teneur de tourteau de coton (TBM) était dans la plage de variation de certaines données de la littérature: 62 g/kg MS pour des résidus de graines de coton non décortiquées et dépourvues du linter et 108.8 g/kg MS pour des résidus de graines non décortiquées mais avec le linter (Bo et al., 2012). Les échantillons des gousses de *P. reticulatum* de l'essai 2 ont présenté une teneur plus élevée en PB que ceux de l'essai 1 (Tableau 2). La valeur obtenue par Sanou et al. (2010) sur des échantillons récoltés dans la zone Nord soudanienne du Burkina Faso, est également inférieure à celle de l'essai 2 (217 vs 79 g/kg MS). Mais Abdurrahman et al. (2018) ont obtenu dans la zone semi-aride du Nigéria une valeur maximale en PB assez proche des résultats de l'essai 2 (194,6 vs 217g/kg MS. De même, les teneurs en NDF et ADF sont inférieures aux valeurs de l'essai 1 et à celles obtenues par Sanou et al (2010) (NDF: 298 vs 543 g/kg MS, ADF: 221 vs 399 g/kg MS). Abdurrahman (2018) aussi a obtenu des valeurs en fibres supérieures situées dans la plage de variation de 462 à 532 g/kg MS pour NDF et de 369 à 405 g/kg MS pour ADF sur des échantillons de gousses prélevés sur plus de 200 pieds de *P. reticulatum* mos. Les facteurs en cause de ces différences sont à mettre en rapport avec le type de sol et la pluviométrie (la localisation), l'âge de la plante et la saison. En effet, certains auteurs ont rapporté que les plantes de la zone semi-aride ont une teneur

plus élevée en N que celles de la zone humide. Dans cette étude, les échantillons de l'essai 1 ont été récoltés dans la zone sub-humide alors que ceux de l'essai 2 (Tableau 4) ont été récoltés en zone semi-aride, en raison de la disponibilité des gousses dans l'un ou l'autre site au moment de la récolte des échantillons. Les différences observées dans la composition chimique des échantillons de paille de riz entre les deux essais sont probablement dues au fait que les échantillons de l'essai 1 ont été récoltés plus tôt après la récolte du riz contrairement à ceux de l'essai 2.

Ingestion volontaire de la paille et croissance des taurillons de l'essai 1.

L'objectif du contraste entre R1 et R2 était d'évaluer l'effet de l'urée et de la mélasse sur l'ingestion de la paille et les performances pondérales des animaux. Malgré l'absence d'un effet positif sur l'ingestion de la paille, la ration sans urée-mélasse (R1) est inférieure à la ration avec urée-mélasse (R2) sur la croissance des taurillons. Ce résultat s'explique par le fait que la solution urée-mélasse a apporté plus d'azote et d'énergie nécessaire à la croissance des microorganismes du rumen, ce que le TBM seul ne pouvait pas réaliser. L'ingestion plus élevée d'urée (142 g/jour) de R2 a probablement augmenté la digestibilité des protéines alimentaires et /ou le bilan azoté des animaux recevant cette ration. L'apport de concentré à une ration de base constituée de paille, devrait augmenter l'ingestion de la paille, contrairement à ce qui a été observé dans cette étude. Le concentré composé de TBM et de la mélasse-urée était apporté dans le ratio 70 : 30 (paille : concentré). Les travaux de Santra et al. (2001) ont cependant montré que le ratio 40 : 60 était plutôt plus favorable à l'ingestion de la paille que le ratio 70 : 30. Probablement, le manque d'impact de la complémentation sur l'ingestion de la paille dans la présente étude est due à la faible dégradabilité de la fraction fibreuse du tourteau (Figure 1) augmentant le volume de l'indigestible dans le rumen avec une altération de la vitesse d'ingestion de la paille. La complémentation de PMU avec TBM n'a pas donné d'effet significatif sur la fermentation *in vitro* de cette ration. Une interaction positive n'a été observée que lorsque les gousses de *P. reticulatum* ont partiellement remplacé une

partie de TBM (Tableau 6). Habituellement, l'adjonction de la mélasse à la paille de riz augmente la digestibilité et l'ingestion de la paille.

Contrairement à ce qui a été observé par Ben Salem et al., (2005), ni la légumineuse fourragère (gousses de *P. reticulatum*), ni son mode de distribution (ensemble ou séparément avec le tourteau), n'a pas eu d'impact significatif sur les paramètres étudiés, comme le montrent les contrastes entre R2 et (R3,R4) puis R3 et R4 (Tableau 3). Ce résultat s'explique par le fait que les taurillons n'ont pas du tout consommé les gousses de *P. reticulatum* durant toute la période de l'essai. La plupart des travaux antérieurs qui ont montré le potentiel fourrager des gousses de *P. reticulatum* ont été effectués sur l'espèce ovine (Sanou et al., 2010). Il reste donc à élucider si une différence de palatabilité de ce fourrage existe entre les deux espèces.

Fermentation in vitro des aliments

Le faible volume de gaz produit par la paille de riz seule est attribuable à sa faible teneur en azote dégradable dans le rumen et/ou à sa teneur élevée en composés pariétaux (Tableau 2). La vitesse de fermentation de la paille s'est améliorée grâce à l'adjonction de la mélasse et de l'urée (Figure 1). Cela s'explique par le fait que la mélasse et l'urée ont apporté plus d'énergie et d'azote disponibles pour les microorganismes dans le liquide du rumen. Cette amélioration de la vitesse de fermentation de la paille pourrait aussi être imputable non seulement à la réduction des teneurs en NDF/ADF (Sharma et al, 2004), mais aussi à l'effet alcalin de l'urée en altérant la structure physique des parois cellulaires de la paille (Sanou, 2010). Chowdhury (2001) a aussi noté une augmentation de la digestibilité *in vivo* des fibres ADF chez des animaux nourris avec la paille mélangée avec la solution mélasse-urée. Le tourteau de coton Ba Mariama avait une plus faible production de gaz, probablement à cause de sa teneur relativement élevée en Matières Grasses qui pourrait limiter l'activité microbienne dans le rumen (Martin et al., 2008). La structure cristalline de la fraction cellulosique du tourteau serait probablement aussi à l'origine de sa vitesse de fermentation plus lente (Bo et al., 2012). La production plus importante de

gaz par les gousses de *P. reticulatum* s'expliquerait par une teneur plus élevée en substrats facilement fermentescibles (Tableau 3).

Effets interactifs entre les aliments sur la production de gaz in vitro

L'analyse des résultats sur les effets interactifs entre les ingrédients indiquent que des avantages nutritionnels peuvent être attendus lorsque des légumineuses à haute teneur en azote mais ayant une faible teneur en fibres sont partiellement substituées au tourteau de coton dans la ration à base paille-mélasse-urée (PMU). L'amplitude de la fermentation des fibres augmente à mesure que la concentration d'ammoniac (non mesurée dans cette étude) augmente dans le rumen, mais la vitesse de fermentation dépend de la concentration en CNF dans le substrat (Sun et al., 2020). Dans la présente étude, les teneurs en CP et en CNF des gousses de *P. reticulatum* étaient les plus élevées. Alors, nos résultats suggèrent que la forte concentration d'azote dans les gousses favoriserait une meilleure efficacité de la digestion ruminale. Sur le plan de la production, les gousses *Piliostigma* pourraient remplacer en partie le tourteau de coton en vue d'une meilleure utilisation du régime à base de paille mélasse-urée car la disponibilité en énergie serait accrue.

Conclusion

L'objectif recherché à travers la complémentation du fourrage pauvre en protéines comme la paille de riz est d'augmenter le niveau d'ingestion de la paille par les animaux. Cela n'a pas été démontré dans cette étude, malgré les bonnes performances pondérales enregistrées. D'autres études devront être envisagées pour évaluer l'effet de différents niveaux d'apport du concentré constitué du Tourteau de coton Ba Mariama, de la mélasse et de l'urée sur l'ingestion de la paille de riz. Néanmoins, on peut conclure que le remplacement partiel du Tourteau de coton Ba Mariama par une légumineuse fourragère comme les gousses de *P. reticulatum* peut être envisagé pour la valorisation du tourteau dans un système d'alimentation à base de paille mélangée avec la mélasse et l'urée.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec ce manuscrit.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

KB: initiateur du thème, rédaction et interprétation et auteur pour la correspondance ; SOK: rédaction et révision du manuscrit ; ST : collecte et préparation des échantillons, participation aux travaux à l'étable et sur la paillasse; AS: conduite des travaux à l'étable ; MDT : supervision des travaux à l'étable.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) et le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) du Mali pour le financement de cette étude à travers le Fonds Compétitif pour la Recherche et l'Innovation Technologique (FCRIT). Les analyses de laboratoire ont été effectuées par M. Tamboura (LNA/IER/Bamako, Mali) et M. Shedrack (UDS/Faculty of Agriculture/Tamalé, Ghana), qu'ils en soient remerciés.

REFERENCES

Abdurrahman SL, Muhammad IR, Ahmad MY. 2018. Nutritional potential of *Piliostigma reticulatum* (dc.) Hochst. pods in the semi-arid zone of Nigeria. *Nig. J. Anim. Prod.*, **44** (4): 287 – 296. <https://www.researchgate.net/publication/329014162>.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. *Official Methods of Analysis* (17th edn). AOAC : Washington DC.

Bartholomew P W, Ly R, Doumbia M, Khibe T, Kone N'g, Traoré B, Ba S. 2003. Agro-industrial by-products, cowpea residues and urea-treatment of hay for supplementary dry season feeding of mature zebu oxen in Mali. *Livestock Research for Rural Development*, **15**(2). <http://www.lrrd.org/lrrd15/2/bart152.htm>

Bengaly K, Maïga H, Bauer M, Yusuf M, Traoré S, Koita S, Doumbia AS, Sidibé S, Diop A. 2020. Composition chimique et

valeur azotée des sources de protéines utilisées dans la région de Ségou pour la production laitière des vaches. Société Malienne des Sciences Appliquées – 11^{ème} Conférence MSAS – Bamako, 21 – 23 décembre 2020.

Ben Salem H, Makkar HPS, Nefzaoui A. 2005. Benefit from the association of small amounts of tannin-rich shrub foliage (*Acacia cyanophylla* Lindl.) with soya bean meal given as supplements to Barbarine sheep fed on oaten hay. *Animal Feed Science and Technology*, **122** :173-186.
DOI:10.1016/j.anifeedsci.2005.04.012

Bo YK, Yang HJ, Wang WX, Liu H, Wang GQ, Yu X. 2012. Metabolisable energy, *in situ* rumen degradation and *in vitro* fermentation characteristics of Linted Cottonseed Hulls, Delinted Cottonseed Hulls and Cottonseed Linter Residue. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **25**(2): 240–247. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.1304>.

Cissé SM, Sidibé S, Nantoumé H. 2021. Caractérisation des entreprises de fabrique de tourteau de coton du Mali. Société Malienne des Sciences Appliquées – 12^{ème} Conférence MSAS – Bamako, 01 au 06 août 2021 : 350-355.

Davies ZS, Mason D, Brooks AE, Griffith GW, Merry RJ, Theodorou MK. 2000. An automated system for measuring gas production from forages incubated with rumen fluid and its use in determining the effect of enzymes on grass silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **83** (3–4) : 205-221. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00138-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00138-8)

DNPIA (Direction Nationale des Productions et Industries Animales). 2015. Rapport annuel. DNPIA ; pp. 114.

Hall MB. 2000. Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. Nutritional Relevance and Analysis. University of Florida, Gainesville, 39 p.

Makkar H. 2005. In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **123**(1): 291-302. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2005.06.003

- Martin C, Rouel J, Jouany JP, Doreau M, Chilliard Y. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J Anim Sci*, **86**: 2642-2650. DOI: 10.2527/jas.2007-0774 .
- McDougall E. 1948. Studies on Ruminant Saliva. The Composition and Output of Sheep's Saliva. *Biochemical Journal*, **43** : 99-109. DOI : <https://doi.org/10.1042/bj0430099>.
- Niderkorn V, Baumont R. 2009. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal.*, **3**(7) : 951-960. DOI: 10.1017/S1751731109004261
- Njidda AA. 2010. Chemical Composition, Fiber Fraction and Anti-Nutritional Substances of Semi-arid Browse Forages of North-Eastern Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, **18**(2):181-188. DOI: 10.4314/njbas.v18i2.64308
- Nobar RS. 2011. Ruminant dry matter degradability of treated soybean meal as source of escape protein. *Afr. J. Biotechnol.* **10**(41) : 8090-8092. DOI: 10.5897/AJB10.2463
- Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.*, **92**: 499-503. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- Sanou S, Sawadogo L, Kaboré-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
- Santra A, Pathak N N. 2001. The effect of dietary concentrate level on rumen enzyme profile and ciliate protozoa population in cattle fed wheat straw diet. *Anim Feed Sci Technol*, **10** (4): 589-604 DOI:10.22358/jafs/68011/2001
- Sharma K, Narayan D, Uma N. 2004. An on-farm appraisal of feeding urea-treated straw to buffaloes during late pregnancy and lactation in a mixed farming system. *Livestock Research for Rural Development*, **16**(11). <http://www.lrrd.org/lrrd16/11/shar16091.htm>
- Statistical Analysis Institute. 2021. SAS user's guide, version 9.4. SAS Institute. Inc., Raleigh, North Carolina, USA.
- Sun L, Lee M, Jeon S, Seo S. 2020. Evaluation of the associative effects of rice straw with timothy hay and corn grain using an in vitro ruminal gas production technique. *Animals*, **10**: 325. DOI: 10.3390/ani10020325 (03/11/2021).
- Tendonkeng F, Lemoufouet J, Miegoue E, Matumuini F E N, Fogang B Z, Chounna A, Ndonkou FD, Tedonkeng E P. 2018. Effet de *Calliandra calothyrsus* associé au PEG 6000 sur la digestibilité *in vitro* de la paille de riz traitée à l'extrait de cendre chez la chèvre. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(2): 975-989. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.27>
- Tensaba RS, Kiema A, Gnanda BI, N'Diaye AW, Zongo M, Tiema AKP. 2021. Effet de l'utilisation de rations améliorées sur la rentabilité zoo-économique de l'embouche ovine paysanne en région Centre-Nord du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(6): 2327-2336 DOI: 10.4314/ijbcs.v15i6.7
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3583-3597. DOI : [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)