

Valeur nutritive et efficacité économique des ingrédients alimentaires utilisés dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun

Yakouba BLAMA^{1*}, Roland ZIEBE² et André PAGNAH ZOLI³

¹ Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun, BP 46 Maroua, Cameroun

² Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun

³ Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire, Université de Ngaoundéré, Cameroun

* Correspondance, courriel : blama_yakouba@yahoo.com

Résumé

Cette étude porte sur la valeur nutritive et l'efficacité économique des ingrédients alimentaires utilisés dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun. Les ingrédients alimentaires ont été collectés auprès des engraisseurs de bovins et analysés au laboratoire de Science Alimentaire et Nutritionnelle de l'Université de Ngaoundéré (Cameroun). Le suivi des prix des ingrédients a été effectué sur le marché de Maroua (Cameroun). Parmi les substrats analysés, la paille de riz a une teneur élevée en cellulose brute ($30,51 \pm 0,94$ %). Les sous-produits agro-industriels ont de faibles teneurs en tanins totaux, particulièrement les sous-produits du coton avec $0,21 \pm 0,06$ % pour le tourteau de coton. Le son de maïs et les tiges de sorgho pluvial ont une valeur énergétique supérieure aux autres ingrédients avec respectivement 1,41 et 1,33 UF. La fane de niébé est la deuxième source de protéine après le tourteau de coton. Le coût des ingrédients alimentaires varie peu en fonction de l'année. Les prix des sous-produits agricoles sont globalement plus élevés que ceux des sous-produits agro-industriels qui sont plus riches en substances nutritives.

Mots-clés : *ruminants, ingrédients alimentaires, valeur nutritive, coût.*

Abstract

Nutritional value and economic efficiency of food ingredients used in ruminant feeding in the semi-arid zone of Cameroon

This study focuses on the nutritional value and economic efficiency of food ingredients used in ruminant feeding in the semi-arid zone of Cameroon. Food ingredients were collected from cattle fatteners and analyzed at the Nutritional and Food Science Laboratory of the University of Ngaoundere (Cameroon). Ingredient price monitoring was conducted at the market in Maroua (Cameroon). Among the substrates analyzed, rice straw has a high crude fiber content (30.51 ± 0.94 %). Agro-industrial by-products have low levels of total tannins content, particularly by-products of cotton with 0.21 ± 0.06 % for cottonseed meal. Corn bran and rainfed sorghum stalks have a higher energy value than other ingredients with respectively 1.41 and 1.33 UF. Cowpea fane is the second most important source of protein after cottonseed meal. The cost of food ingredients varies little according to the year. The prices of agricultural by-products are generally higher than those of agro-industrial by-products which are richer in nutrients.

Keywords : *ruminants, food ingredients, nutritive value, cost.*

1. Introduction

La croissance démographique rapide crée un déficit en protéines animales, notamment en viande et en lait. Pour satisfaire ces besoins, le développement de l'élevage est impératif, surtout dans les zones rurales où l'élevage joue un rôle dans l'approvisionnement en viande et en lait, la fertilisation des sols et la réserve des capitaux [1]. Avec 15 % du cheptel mondial, l'Afrique subsaharienne ne produit que 3 millions de tonnes de viande soit seulement 5,5 % du tonnage mondial [2]. La faiblesse de la productivité est la caractéristique majeure des productions bovines des zones tropicales et particulièrement dans la zone semi-aride du Cameroun. Cette faiblesse est liée à une exploitation réduite du cheptel (12 %) et à des poids de carcasses et de lait produit de plus en plus faibles du fait non seulement d'un potentiel génétique médiocre mais surtout d'une alimentation non rationnelle. L'alimentation du bétail constitue donc un facteur limitant de l'élevage au Cameroun et en particulier en zone semi-aride, compromettant ainsi la disponibilité des protéines animales indispensables à la nutrition de la population. La rareté et la cherté des ressources fourragères sont remarquables en milieu urbain où les coûts de production deviennent de ce fait, de plus en plus insupportables en zone semi-aride [3]. La connaissance de la valeur nutritive et de la variation des prix des ingrédients alimentaires entrant dans l'alimentation des ruminants se révèle donc capital. Ceci permettrait de rationaliser l'alimentation. D'autres parts, la commercialisation des ressources fourragères est une activité économique significative indispensable au maintien des élevages urbains et périurbains [4]. La connaissance de la variation des prix et des valeurs nutritives de ces ingrédients alimentaires orienterait la stratégie mise en œuvre par les éleveurs. L'objectif de ce travail est donc de déterminer les valeurs nutritives et le coût des ingrédients alimentaires utilisés dans les unités d'engraissement des ruminants en zone semi-aride du Cameroun.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

Les collectes des ingrédients ont eu lieu principalement dans la zone semi-aride du Cameroun. La zone d'étude (*Figure 1*) est constituée de quatre zones agro-climatiques à savoir les plaines de Maroua, les plaines de Kaélé, les plaines du Bec de Canard et les Monts Mandara [5].

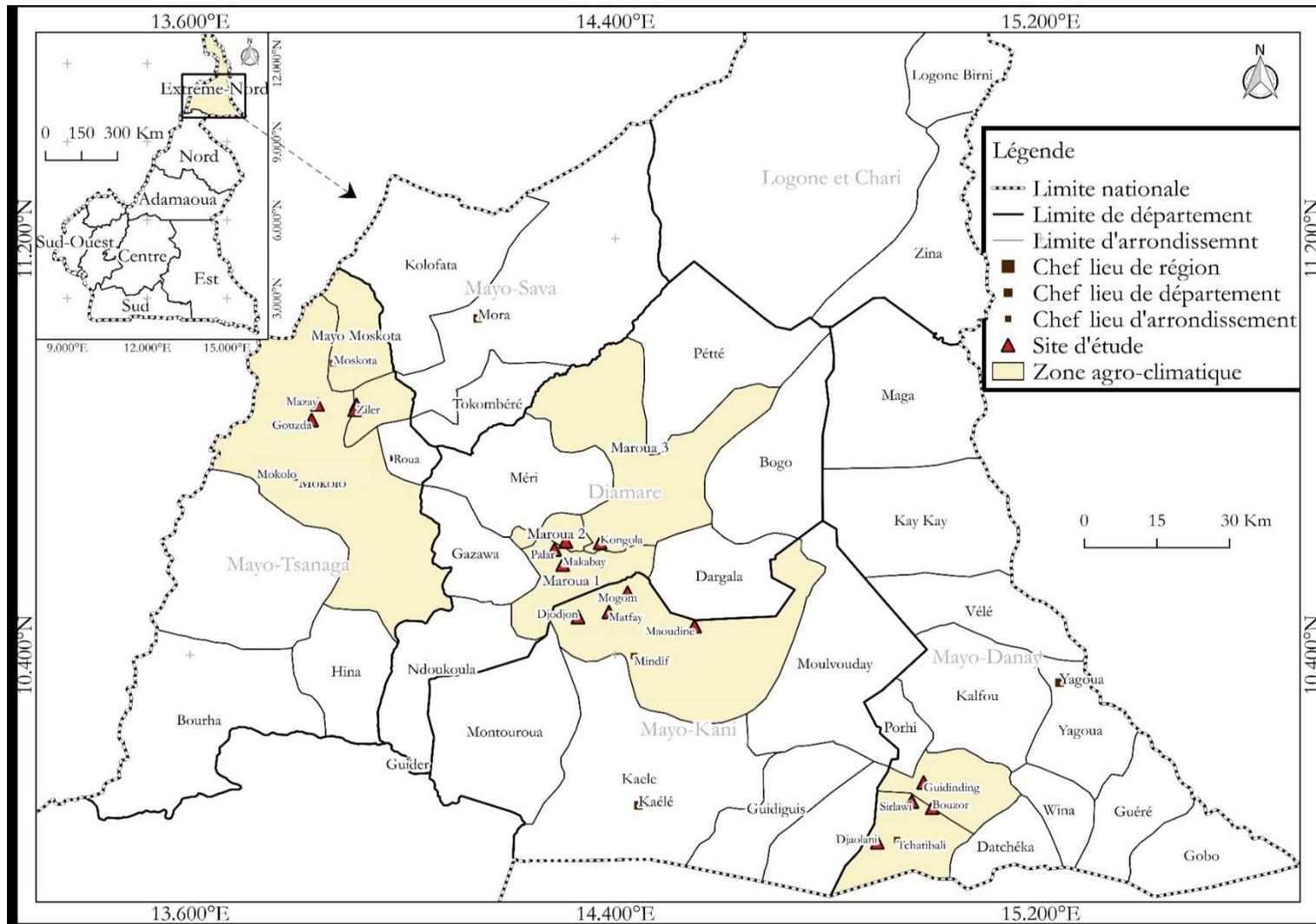


Figure 1 : Présentation générale des sites d'étude

2-2. Suivi du prix et traitement du matériel végétal

Pendant le suivi des unités d'embouche, les ingrédients utilisés dans l'alimentation des ruminants ont été collectés. La collecte a été complétée au niveau du marché à Maroua. Le suivi mensuel des prix était effectué sur le même marché. Seul les prix des ingrédients disponibles sur le marché étaient notés. Les ingrédients collectés étaient de deux types: les sous-produits agricoles (tiges de sorgho pluvial, tiges de sorgho repiqué, fanes d'arachide) et les sous-produits agro-industriels (tourteau de coton, coque de coton, son de maïs, son de sorgho, son de riz). Cinq échantillons ont été collectés par aliment. Les tiges et les fanes ont été pilées au mortier dans les conditions de laboratoire. Les échantillons ont été mélangés par ingrédient et séchés à l'étuve à 40°C [6]. Après séchage, les échantillons ont été écrasés 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.

2-3. Détermination de la composition chimique

La matière sèche a été déterminée par séchage des échantillons de fourrages secs dans une étuve à 103°C pendant 12 heures. Le pourcentage de cendres par rapport à la matière sèche a été déterminé par incinération des échantillons de fourrages secs dans un four à moufle pendant 6 heures. Les minéraux ont été dosés dans la solution préparée à partir des cendres obtenues par incinération à 500°C [7]. La teneur en calcium a été déterminée par la méthode titrimétrique à l'EDTA. Les constituants pariétaux ont été dosés par la méthode de [8]. Le dosage de la lignine a été effectué suivant la méthode de Johnson *et al.* (1961), modifiée par [9]. L'azote total des échantillons est déterminé par la méthode classique Kjeldahl. Le taux de matières azotées totales est obtenu en multipliant le taux d'azote par 6,25 comme conventionnellement admis. L'extraction des lipides au Soxhlet basée sur la solubilité différentielle des lipides dans le solvant d'extraction (hexane) a lieu à chaud pendant 8 heures.

2-4. Détermination des valeurs nutritives des ingrédients

Les valeurs énergétique exprimée en unité fourragère lait (UFL) et unité fourragère viande (UFV) et protéique exprimée en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN) et en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE) sont estimées selon les formules décrites par l'INRA [10].

2-5. Analyses statistiques

Les données de laboratoire ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT 2007. L'analyse de variance par le test de Duncan a permis de faire une comparaison multiple entre les différents échantillons analysés. L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de présenter une vue d'ensemble des similitudes et des différences entre les ingrédients alimentaires et de ressortir les corrélations entre les composés chimiques analysés.

3. Résultats et discussion

3-1. Composition chimique des ingrédients

3-1-1. Constituants cellulaires

Le **Tableau 1** montre que tous les substrats renferment des teneurs élevées et peu différentes en matière sèche (MS). La paille du riz possède une teneur plus élevée en MS ($95,68 \pm 0,23$ %) suivie du *Brachiaria ruziziensis* ($95,27 \pm 0,12$ %). La fane d'arachide a la plus faible teneur en MS ($90,96 \pm 0,14$ %). La tige de sorgho repiqué et le tourteau de coton ont les mêmes taux en MS au seuil de 5 % avec respectivement $93,70 \pm 0,00$ % et $93,66 \pm 0,04$ %. Les taux les plus élevés en matière minérale sont enregistrés chez le son du riz, la coque du coton et la paille du riz (21,83 %, 18,92 % et 15,04 % MS, respectivement). Parmi les sous-produits agricoles analysés, la fane de niébé enregistre la teneur la plus élevée en matières azotées totales (MAT) qui est de 9,26 % MS alors que les tiges de sorgho repiqué et pluvial des faibles teneurs en MAT (0,81 % et 0,85 % MS, respectivement). L'alibet (aliment fait à base du tourteau de coton) a la teneur la plus élevée en MAT parmi les sous-produits agro-industriels (13,73 % MS). Les faibles taux en MAT du *Stylosanthes guyanensis* (8,33 % MS) et du *B. ruziziensis* (4,04 % MS) pourraient s'expliquer par la période tardive de récolte intervenue à la fin de la saison des pluies, période des grandes récoltes (novembre-décembre). Les auteurs de [11] précisaient la variation de la teneur en MAT des résidus de récolte tropicaux entre 3 à 5 % pour la paille de riz et 2 à 8 % pour les tiges de sorgho. Les résultats de cette étude pour la paille de riz 2,34% et les tiges de sorgho 0,83 % en moyenne se rapprochent de ces intervalles. Les fourrages légumineux sont utilisés pendant des années comme aliments pour le bétail dans beaucoup de régions du monde, principalement en raison de leur haute teneur en valeur protéique [12, 13]. Cette caractéristique peut être attribuée à la faculté de ces plantes fourragères à fixer l'azote atmosphérique grâce aux Rhizobia associés à leurs nodosités. Cependant, une différence est notée entre les contenus en MAT des fanes de niébé et d'arachide. Cette différence serait liée à la manière dont les légumineuses accumulent de l'azote durant leur période de croissance. L'utilisation de ces légumineuses est indiquée comme supplément protéique aux fourrages de mauvaise qualité et/ou aux sous-produits fibreux. Toutefois, la teneur élevée en MAT de certains fourrages doit être considérée avec précaution, car il peut se révéler comme paramètre trompeur, du fait que toutes les protéines sont en principe dégradées mais les facteurs antinutritionnels (composés phénoliques principalement les tanins) peuvent réduire leur disponibilité en dessous de la concentration nécessaire. Par conséquent, la teneur en matière azotée ne devrait pas être le seul critère pour juger des caractéristiques d'une plante fourragère. En effet, des résultats obtenus par l'auteur de [14] indiquent que la réactivité, la structure et les interactions des différents métabolites secondaires sont des facteurs à considérer dans la détermination de l'aptitude d'une espèce végétale comme complément protéique. Les fourrages dont les teneurs en MAT sont inférieurs à 70 mg/g de MS exigent une supplémentation azotée pour améliorer leur ingestion par les ruminants [15]. Ce type de fourrages ne peut pas fournir les minima d'azote nécessaire au microbiote ruminal pour assurer une activité métabolique maximum [13]. La majorité des substrats analysés ont des taux en sucres totaux inférieur à 1 %. Les autres substrats à savoir *S. guyanensis*, *B. ruziziensis*, paille du riz et fane de niébé ont enregistré des taux en sucres totaux de 4,09 %, 2,27 %, 2,36 % et 1,19 % MS respectivement.

3-1-2. Constituants pariétaux

Le **Tableau 1** montre que la paille de riz a une teneur élevée en cellulose brute ($30,51 \pm 0,94$ %) et que le *B. ruziziensis*, le *S. guyanensis* et la fane de niébé ont des teneurs similaires en cellulose au seuil de 5 % avec

respectivement $26,56 \pm 0,51 \%$, $26,36 \pm 1,06 \%$ et $25,06 \pm 1,07 \%$. La teneur en fibre NDF dans les substrats varie de $27,55 \pm 2,55 \%$ à $88,97 \pm 3,03 \%$. Le *S. guyanensis* est le substrat qui a une teneur plus élevée en fibres NDF. La tige du sorgho pluvial, la fane d'arachide, le son du riz et le son de maïs ont des teneurs comparables en fibres NDF au seuil de 5 %. Le contenu en fibre NDF des fourrages varie largement, en fonction de l'espèce, de la maturité et de l'environnement de croissance [16]. Le foin de *B. ruziziensis* est le substrat le plus riche en lignine ($10,88 \pm 0,14 \%$). Les sous-produits agro-industriels sont globalement pauvres en lignine avec 0,25 % MS pour le son du riz, 0,69 % MS pour le son du sorgho et 0,97 % MS pour le son du maïs. Le *B. ruziziensis* a enregistré le taux le plus élevé en lignine (10,88 % MS). La tige du sorgho repiqué et la fane de niébé ont des teneurs similaires en lignines au seuil de 5 %. La teneur en lignine est le principal facteur de variation de la digestibilité des matières premières (fourrages et aliments). La lignine est une substance indigestible qui rend les fractions cellulosiques et hémicellulosiques des fibres difficilement accessibles à l'action des microorganismes du rumen. L'hydrolyse des polysaccharides structuraux est négativement affectée par la lignine qui imprègne le réseau de cellulose-hémicelluloses. Les composés dérivés de la lignine ont également une action inhibitrice sur les micro-organismes responsables de fermentation [17].

3-1-3. Facteurs antinutritionnels

Le **Tableau 1** montre que les sous-produits agro-industriels ont des faibles teneurs en tanins totaux, particulièrement les sous-produits du coton avec $0,21 \pm 0,06 \%$ pour le tourteau de coton et $0,06 \pm 0,03 \%$ pour la coque de coton. La fane d'arachide et les tiges des sorghos repiqué et pluvial ont des teneurs similaires en tanins totaux au seuil de 5 %. Le *S. guyanensis* est le substrat qui présente une teneur élevée en tanins totaux soit $6,87 \pm 0,04 \%$. La variation de la teneur en polyphénols des substrats est similaire à celle des tanins totaux. Elle va de $0,06 \pm 0,03 \%$ pour la coque de coton à $7,04 \pm 0,03 \%$ pour le *S. guyanensis*. La présence de composés phénoliques, selon certains auteurs [18, 19], pourrait avoir un effet limitant sur la disponibilité des nutriments pour le microbiote ruminal. En fonction de la teneur en tanins totaux, les ingrédients peuvent être classés comme suit : *S. guyanensis* (6,9) > *B. ruziziensis* (3,6) > Fane de niébé (3,2) > Fane d'arachide (2,3) > Tiges sorgho repiqué (2,1) > Tiges sorgho pluvial (2,0) > Paille de riz (0,9) > Son de sorgho (0,5), Son de riz (0,5) > Son de maïs (0,4) > Tourteau de coton (0,2) > Coque de coton (0,1).

3-2. Valeur nutritive des ingrédients alimentaires

Le **Tableau 2** montre que le son de maïs et les tiges de sorgho pluvial ont une valeur énergétique supérieure aux autres substrats avec respectivement 1,41 et 1,33 UF. La fane de niébé est la deuxième source de protéine après l'alibet. La coque de coton est riche en calcium avec une teneur de 27,09 mg/kgMS. Dans la constitution des rations un apport en matières azotées et en minéraux est capital. Pour les matières azotées, les apports réels sont obtenus à partir de la plus faible valeur des deux termes (PDIE et PDIN). Une valeur PDIE inférieure à la valeur PDIN signifie qu'il existe un excès d'azote fermentescible par rapport aux potentialités de synthèse des bactéries à partir de l'énergie fermentescible. À l'opposé, une valeur PDIN inférieure à la valeur PDIE signifie qu'il existe un déficit en azote fermentescible [21]. Les teneurs en énergie des légumineuses analysées ont donné 0,83 UF et 1,22 UF respectivement pour le niébé et l'arachide. Considérant la teneur en énergie, les ingrédients peuvent être classés en ordre croissant comme suit : Paille de riz < *B. ruziziensis* < *S. guyanensis* < Son de riz < Coque de coton < Fane de niébé, Fane d'arachide < Tiges sorgho repiqué < Son de sorgho < Tourteau de coton < Tiges sorgho pluvial < Son de maïs. Le classement en fonction de la teneur en matière azotée (PDIE) donne dans l'ordre croissant : Tiges sorgho repiqué (2,82) < Tiges sorgho pluvial (2,96) < Coque de coton (6,31) < Paille de riz (8,15) < Son de riz (10,43) < *B. ruziziensis* (14,06) < Son de

sorgho (16,51) < Son de maïs (21,90) < Fane d'arachide (22,76) < *S. guyanensis* (28,99) < Fane de niébé (32,22) < Tourteau de coton (47,78). La valeur énergétique des fourrages varie principalement en fonction de la digestibilité de l'énergie brute qu'ils contiennent et qui est très étroitement liée à la digestibilité de la matière organique. Selon [20], la digestibilité de la matière organique d'une plante fourragère dépend essentiellement de sa teneur en parois végétales et de leur digestibilité. En effet, la digestibilité des constituants intracellulaires est totale (sucres, fructosanes) ou très élevée (lipides, matières azotées), alors que celle des parois cellulaires varie entre 40 et 90 % selon qu'elles sont plus ou moins incrustées de lignine. La valeur azotée des fourrages s'exprime par leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin afin d'intégrer les remaniements importants des protéines dans le rumen. On distingue la valeur PDIN qui représente la valeur PDI de l'aliment s'il est inclus dans une ration déficitaire en azote dégradable, et la valeur PDIE qui représente la valeur PDI s'il est inclus dans une ration où l'énergie est le facteur limitant des synthèses microbiennes. Pour un substrat, la valeur en PDIN est directement liée à sa teneur en matières azotées dégradables dans le rumen tandis que la valeur en PDIE est liée à sa digestibilité. Les fourrages dont la teneur en MAT dégradables est inférieure à 100 g/kg, ce qui correspond à une teneur en MAT de l'ordre de 130 g/kg, sont généralement déficitaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE [21].

Tableau 1 : Composition chimique des principaux ingrédients utilisés dans l'alimentation des ruminants en zone semi-aride du Cameroun

Substrats	MS (%)	Constituants cellulaires (g/100g MS)					Constituants pariétaux (g/100g MS)				Antinutriments (g/100g MS)		Minéraux (mg/kg MS)	
		MO	MM	MAT	ST	CB	NDF	ADF	Lig	Hemi	TT	PP	Ca	P
Tiges sorgho repiqué	93,7 _a	82,0 ± 0,2 _a	11,7 ± 0,0 _a	0,8 ± 0,3 _a	0,3 ± 0,0 _a	33,5 ± 1,0	51,1 ± 1,4	38,2 ± 0,8	4,7 ± 0,2	12,8 ± 0,6 _c	2,1 ± 0,1 _c	2,1 ± 0,1 _a	25,86 ± 1,90 _a	7,0 ± 0,0 _{ab}
Tiges sorgho pluvial	92,7	82,0 ± 0,6 _a	10,6 ± 0,0 _a	0,8 ± 0,1 _a	0,4 ± 0,2 _a	38,0 ± 0,2	44,2 ± 0,0 _a	43,6 ± 0,1	5,6 ± 0,3 _b	0,6 ± 0,1 _c	2,0 ± 0,0 _c	2,0 ± 0,0 _a	27,46 ± 4,83 _a	10,3 ± 1,1 _a
Paille de riz	95,7	80,6 ± 2,6	15,0 ± 2,5	2,3 ± 0,0	2,4 ± 0,3 _b	30,5 ± 0,9	87,9 ± 3,6	33,7 ± 0,6	3,2 ± 0,4	54,2 ± 3,4	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,3	19,02 ± 1,87 _b	2,0 ± 0,3 _b
Fane d'arachide	91,0	79,3 ± 0,3	11,7 ± 0,0 _a	6,5 ± 0,0 _b	0,6 ± 0,1 _a	23,1 ± 0,6 _a	46,8 ± 1,7 _a	28,6 ± 0,8	5,5 ± 0,3 _b	18,2 ± 2,5 _c	2,3 ± 0,0 _c	2,3 ± 0,0 _a	59,81 ± 1,39	19,3 ± 0,3
Fane de niébé	94,9 _b	86,6 ± 0,2 _b	8,3 ± 0,1	9,3 ± 0,4	1,2 ± 0,1	25,1 ± 1,1 _{ab}	35,7 ± 0,5	32,8 ± 0,8	7,8 ± 0,7	2,8 ± 0,5	3,2 ± 0,6	3,3 ± 0,6	43,86 ± 0,30	10,3 ± 0,7 _a
<i>S. guyanensis</i>	94,9 _b	86,4 ± 0,3 _b	8,5 ± 0,3	8,3 ± 0,2	4,1 ± 0,7	26,4 ± 1,1 _b	89,0 ± 3,0	32,7 ± 0,9 _b	6,3 ± 0,3	56,3 ± 2,2	6,9 ± 0,0	7,0 ± 0,0	30,62 ± 1,54 _a	7,6 ± 1,0 _a
<i>B. ruziziensis</i>	95,3	82,4 ± 0,6 _a	12,8 ± 0,7	4,0 ± 0,0	2,3 ± 0,0 _b	26,6 ± 0,5 _b	70,8 ± 2,0	37,4 ± 0,6	10,9 ± 0,1	33,4 ± 2,2	3,6 ± 0,5	3,9 ± 0,4	30,78 ± 1,67 _a	4,2 ± 0,4 _b
Alibet	93,7 _a	85,8 ± 0,9	7,8 ± 0,0	13,7 ± 0,1	0,3 ± 0,2 _a	4,7 ± 0,3	27,5 ± 2,5	4,7 ± 0,3	ns	22,8 ± 2,8	0,2 ± 0,1 _{ab}	0,2 ± 0,1 _b	22,24 ± 0,37 _b	45,1 ± 5,5
Coque de coton	91,7	72,8 ± 0,3	18,9 ± 0,0	1,8 ± 0,3	0,2 ± 0,1 _a	9,2 ± 0,2	76,9 ± 2,1	9,2 ± 0,2	ns	67,7 ± 1,9	0,1 ± 0,0 _a	0,1 ± 0,0 _b	49,25 ± 1,08	39,6 ± 0,6
Son de riz	93,4	71,5 ± 0,2	21,8 ± 0,0	3,0 ± 0,4	0,1 ± 0,0 _a	11,4 ± 0,3	47,1 ± 0,0 _b	11,7 ± 0,1	0,3 ± 0,1 _a	35,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1 _{ab}	0,5 ± 0,1 _b	39,35 ± 1,12 _b	31,0 ± 0,2
Son de maïs	91,8 _c	86,1 ± 0,2 _b	5,6 ± 0,0	6,3 ± 0,0 _b	0,3 ± 0,1 _a	1,7 ± 0,5	47,1 ± 0,0 _b	2,7 ± 0,3	1,0 ± 0,1 _a	44,4 ± 0,4	0,4 ± 0,0 _{ab}	0,4 ± 0,0 _b	18,04 ± 2,78 _b	35,6 ± 0,9
Son de sorgho	92,2 _c	84,7 ± 0,2	7,5 ± 0,0	4,7 ± 0,2	0,1 ± 0,1 _a	5,6 ± 0,1	56,0 ± 0,0	6,3 ± 0,3	0,7 ± 0,5 _a	49,6 ± 0,3	0,5 ± 0,1 _b	0,5 ± 0,1 _b	16,59 ± 1,14 _b	25,89 ± 0,29

MS = Matière Sèche; MO = Matière Organique; MM = Matière Minérale; MAT = Matières Azotées Totales; ST = Sucres Totaux; CB = Cellulose Brute; NDF = Nitrogen Detergent Fiber; ADF = Acid Detergent Fiber; Lig = Lignine; Hemi = Hémicellulose; TT = Tanins Totaux; PP = Polyphénols; Ca = Calcium; P = Phosphore; les valeurs suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau 2 : Valeur alimentaire des principaux ingrédients utilisés dans l'alimentation des ruminants en zone soudano-sahélienne

Substrats	Valeur énergétique			Valeur protéique	
	UF	UFV	UFL	PDIE	PDIN
Tiges sorgho repiqué	1,25 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,27 ± 0,01	2,82 ± 0,10	5,11 ± 0,18
Tiges sorgho pluvial	1,33 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,24 ± 0,00	2,96 ± 0,03	5,36 ± 0,06
Paille de riz	0,60 ± 0,05	0,69 ± 0,03	0,27 ± 0,01	8,15 ± 0,00	14,77 ± 0,00
Fane d'arachide	1,22 ± 0,00	0,82 ± 0,01	0,32 ± 0,00	22,76 ± 0,00	41,28 ± 0,01
Fane de niébé	1,22 ± 0,00	0,78 ± 0,02	0,30 ± 0,01	32,22 ± 0,14	58,43 ± 0,26
<i>S. guyanensis</i>	0,80 ± 0,03	0,75 ± 0,03	0,29 ± 0,01	28,99 ± 0,09	52,58 ± 0,16
<i>B. ruziziensis</i>	0,73 ± 0,02	0,76 ± 0,01	0,29 ± 0,01	14,06 ± 0,01	25,50 ± 0,02
Alibet	1,30 ± 0,01	1,36 ± 0,01	0,54 ± 0,00	47,78 ± 0,03	86,67 ± 0,06
Coque de coton	1,03 ± 0,01	1,10 ± 0,00	0,43 ± 0,00	6,31 ± 0,10	11,44 ± 0,18
Son de riz	0,94 ± 0,01	1,02 ± 0,01	0,40 ± 0,00	10,43 ± 0,13	18,93 ± 0,24
Son de maïs	1,41 ± 0,01	1,27 ± 0,01	0,50 ± 0,00	21,90 ± 0,00	39,72 ± 0,00
Son de sorgho	1,29 ± 0,01	1,17 ± 0,00	0,46 ± 0,00	16,51 ± 0,07	29,94 ± 0,12

*UF = Unité Fourragère ; UFV = Unité Fourragère Viande ; UFL = Unité Fourragère Lait ;
PDIE = Protéines Digestible dans l'Intestin permise par l'Énergie ; PDIN = Protéine Digestible dans l'Intestin permise par l'azote*

3-3. Analyses factorielles

L'analyse en composantes principales (ACP) a été menée dans le but de présenter une vue d'ensemble des similitudes et des différences entre les ingrédients alimentaires et de ressortir les corrélations entre les composés chimiques analysés. Cette analyse permet d'identifier plus clairement les ingrédients alimentaires qui ont presque les mêmes teneurs en ces composés. La **Figure 2** présente le cercle de corrélation des variables. Ce résultat montre que les 13 variables utilisées pour déterminer la composition chimique des ingrédients alimentaires peuvent s'organiser en deux composantes principales (F1 et F2) qui expriment environ 66,63 % des variations. La première composante principale (F1) explique 38,17 % des variations observées et la seconde composante principale (F2) 28,46 %. La composante F1 est représentée par les teneurs en phosphore (P), unité fourragère (UF), polyphénols (PP), tanins totaux (TT), Sucres totaux (ST), Lignine (Lig), fibres ADF et cellulose brute (CB). La disposition des variables sur les axes permet de dire que la valeur azotée des ingrédients (MAT) est en opposition avec les constituants pariétaux (ADF, NDF et CB).

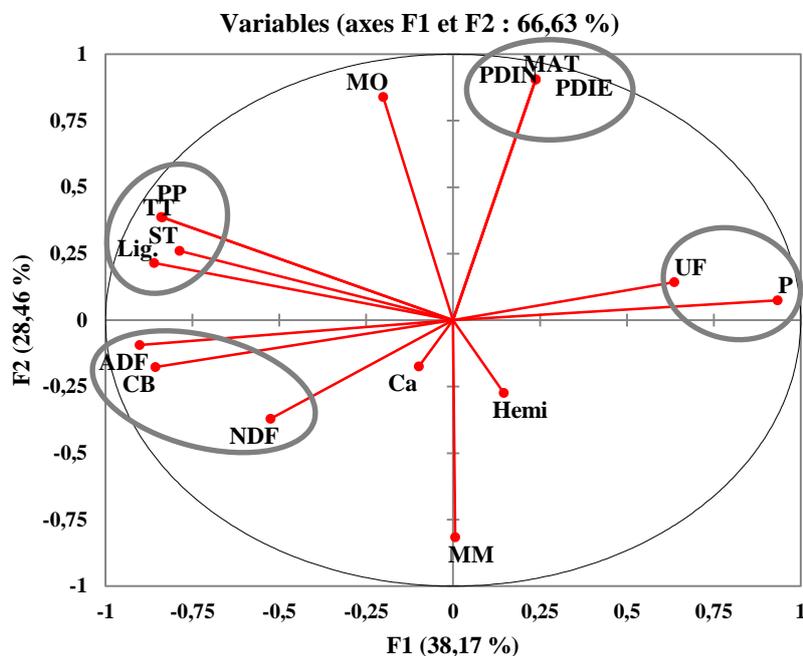


Figure 2 : Cercle de corrélation des variables sur le système d'axes F1×F2

Le **Tableau 3** permet de voir les corrélations des variables avec l'ensemble des axes. Les variables les plus corrélées à la composante F1 sont: ST (78,7 %), CB (85,7 %), NDF (52,6 %), ADF (90,2 %), Lig (86,1 %), TT (83,6 %), PP (84,0 %), P (93,4 %) et UF (63,7 %). Concernant la composante principale F2, les variables les plus corrélées sont: MO (84,0 %), MM (81,6 %), MAT (90,5 %), PDIN et PDIE (90,5 %). Il ressort du **Tableau 1** que les constituants pariétaux (ADF, NDF, CB), la Lig, les ST, les TT et les PP sont négativement corrélés à l'axe F1 alors que les teneurs en P et en UF sont positivement corrélés à cet axe. Les MAT, les PDIE et les PDIN sont positivement associés à l'axe principal F2. Pour mieux apprécier les similitudes entre les composants chimiques analysés, la matrice de corrélation de Pearson (**Tableau 4**) a permis de relever que les PP et les TT sont positivement corrélés à 100 %. Ceci s'explique par le fait que les TT sont une composante des PP. Les TT sont positivement corrélés aux ST ($r = 0,821$), ADF ($r = 0,634$), Lig ($r = 0,758$). La CB est positivement corrélée aux fibres ADF ($r = 0,987$) et à la Lig ($r = 0,726$). La teneur en P est négativement corrélée aux ST ($r = 0,623$), CB ($r = 0,890$), ADF ($r = 0,915$), Lig ($r = 0,804$), TT ($r = 0,655$) et PP ($r = 0,658$).

La teneur en UF est négativement corrélée aux ST ($r = 0,736$) et aux fibres NDF ($r = 0,644$). La disposition des substrats sur le système d'axes $F1 \times F2$ fait voir que la composante principale 1 correspond aux variations induites par la teneur en énergie (UF) tandis que la composante principale 2 correspond à celles induites par la teneur en matières azotées totales (MAT) (**Figure 3**). Il se dégage sur cette figure des cercles de corrélation qui illustrent les corrélations entre les variables analysées et les ingrédients alimentaires. L'ACP permet de distinguer deux grands groupes d'ingrédients alimentaires. Le grand groupe 1 est constitué des fourrages grossiers (sous-produits agricoles et fourrages cultivés) et pour le grand groupe 2 des sous-produits agro-industriels. Les sous-produits agricoles se subdivisent en deux sous-groupes en fonction des teneurs en matières azotées et en constituants pariétaux. Les sous-produits agro-industriels également se subdivisent en 2 sous-groupes en fonction des teneurs en matières azotées et en énergie. Les sous-groupes ainsi constitués présentent les caractéristiques suivantes.

Groupe 1.1: constitué des fanes de niébé et d'arachide et du *S. guyanensis*. Cet ensemble regroupe des fourrages qui ont une teneur modérément élevée en matières azotées totales et une faible teneur en constituants pariétaux. Toutefois, ces caractéristiques qui semblent intéressantes pour l'alimentation des ruminants sont limitées par les teneurs en composés phénoliques et en lignine. L'incorporation de ces ingrédients dans la ration alimentaire doit être raisonnée.

Groupe 1.2: cet ensemble regroupe les tiges de sorgho pluvial et repiqué, la paille de riz et le *B. ruziziensis*. Ces ingrédients sont caractérisés par leurs teneurs en fibres NDF, ADF et en cellulose brute. Dans une ration pour ruminant, ces ingrédients constituerait des aliments de lest qui sont indispensables pour le bon fonctionnement du rumen.

Groupe 2.1: ce sous-groupe est représenté par le tourteau de coton, le son de maïs et le son de sorgho. Ce sont des sous-produits agro-industriels avec des teneurs modérées en matières azotées et en énergie. Connaissant la faible valeur azotée et énergétique des fourrages des zones tropicales, l'incorporation de ces ingrédients dans les rations est capitale. Toutefois leurs prix souvent élevés sur les marchés réduisent considérablement leur utilisation.

Groupe 2.2: ce sous-groupe comprend la coque de coton et le son de riz. Ils sont les deux ingrédients les plus pauvres en matières nutritives. Considérant leur faible valeur économique, ces ingrédients pourraient être utilisés comme aliments de lest.

La connaissance des valeurs nutritives des groupes des ingrédients alimentaires est capitale dans la stratégie globale mise en œuvre par l'éleveur. Il peut s'appuyer sur cette caractérisation pour stocker les ingrédients alimentaires en fonction de leur apport dans la ration et de leur prix.

Tableau 3 : Corrélation entre les variables et les différents axes principaux

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
MO	-0,201	0,840*	-0,127	-0,466	0,001	0,116	0,048	-0,043	0,057	-0,014	0,015
MM	0,006	-0,816*	0,213	0,454	-0,206	-0,156	-0,111	0,042	-0,018	-0,026	0,014
MAT	0,237	0,905*	0,196	0,256	-0,124	-0,039	0,051	0,023	-0,022	-0,014	-0,001
ST	-0,787*	0,261	0,536	-0,060	-0,048	-0,092	0,030	0,049	-0,013	0,087	0,004
CB	-0,857*	-0,176	-0,400	-0,003	-0,102	-0,158	0,192	0,033	0,026	-0,014	-0,002
NDF	-0,526*	-0,371	0,702	-0,225	0,113	0,040	0,155	0,061	-0,004	-0,032	-0,001
ADF	-0,902*	-0,094	-0,384	0,031	-0,082	-0,062	0,121	0,064	0,017	-0,013	-0,001
Lig.	-0,861*	0,215	-0,244	0,143	0,007	0,290	-0,154	0,157	-0,020	-0,006	0,000
Hemi	0,146	-0,273	0,904*	-0,226	0,159	0,079	0,057	0,012	-0,015	-0,021	0,000
TT	-0,836*	0,387	0,143	0,110	0,283	-0,138	-0,127	-0,048	0,009	-0,015	-0,001
PP	-0,840*	0,388	0,150	0,113	0,270	-0,121	-0,139	-0,040	0,014	-0,017	-0,002
Ca	-0,099	-0,174	-0,060	0,898*	0,298	0,166	0,171	-0,061	0,013	0,015	0,004
P	0,934*	0,075	0,182	0,173	0,145	-0,078	-0,040	0,137	0,109	0,008	-0,002
PDIN	0,237	0,905*	0,196	0,256	-0,124	-0,039	0,051	0,023	-0,022	-0,014	-0,001
PDIE	0,237	0,905*	0,196	0,256	-0,124	-0,039	0,051	0,023	-0,022	-0,014	-0,001
UF	0,637*	0,143	-0,528	-0,233	0,456	-0,127	0,065	0,090	-0,069	0,002	0,005

* Les chargements ayant une valeur absolue supérieure à 0,5 représentent une contribution significative.

Tableau 4 : Matrice de corrélation de Pearson

Variables	MO	MM	MAT	ST	CB	NDF	ADF	Lig.	Hemi	TT	PP	Ca	P	PDIN	PDIE	UF
MO	1															
MM	-	1														
	0,951															
MAT	0,564	-0,552	1													
ST	0,324	-0,110	0,150	1												
CB	0,068	0,078	-0,413	0,440	1											
NDF	-0,181	0,305	-0,387	0,702	0,250	1										
ADF	0,134	0,019	-0,346	0,492	0,987	0,244	1									
Lig.	0,336	-0,190	-0,037	0,570	0,726	0,168	0,827	1	-							
Hemi	-0,257	0,264	-0,112	0,298	-0,456	0,741	-0,471	-0,420	1							
TT	0,404	-0,264	0,171	0,821	0,559	0,376	0,634	0,758	-0,097	1						
PP	0,405	-0,261	0,174	0,826	0,555	0,379	0,633	0,767	-0,093	1,000	1					
Ca	-0,506	0,427	0,000	-0,080	0,110	-0,065	0,138	0,205	-0,154	0,148	0,146	1				
P	-0,239	0,052	0,353	-	-	-0,415	-	-	0,255	-	-	0,056	1			
				0,623	0,890		0,915	0,804		0,655	0,658					
PDIN	0,564	-0,552	1,000	0,150	-0,413	-0,387	-0,346	-0,037	-0,112	0,171	0,174	0,000	0,353	1		
PDIE	0,564	-0,552	1,000	0,150	-0,413	-0,387	-0,346	-0,037	-0,112	0,171	0,174	0,000	0,353	1,000	1	
UF	0,149	-0,407	0,073	-	-0,371	-	-0,409	-0,450	-0,303	-0,445	-0,460	-0,146	0,547	0,073	0,073	1
				0,736		0,644										

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,

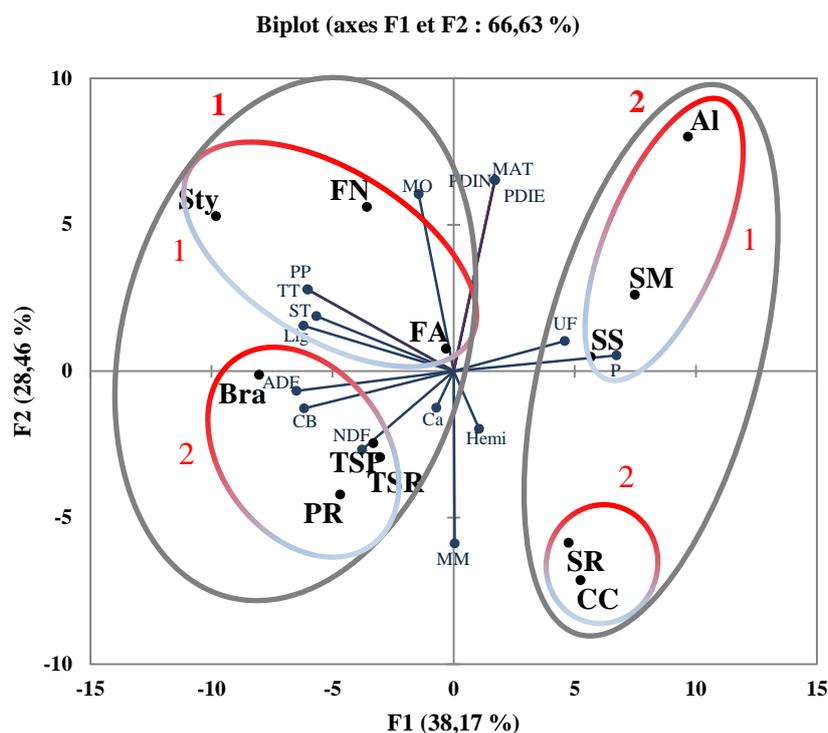


Figure 3 : Disposition des substrats sur le système d'axes F1×F2

3-4. Variation du prix des ingrédients alimentaires

La **Figure 4** présente la variation du prix des groupes des ingrédients alimentaires vendus sur le marché de Maroua. Il ressort de cette figure que le prix des sous-produits agro-industriels (SPAI) varie très peu dans l'année. Il passe de 153 Fcfa/Kg à 163 Fcfa/Kg entre janvier et mai pour les ingrédients riches en matière azotée et en énergie (tourteau de coton, son de maïs). Cette légère hausse est liée à la période de soudure où la vaine pâture est très insuffisante. Cette tendance est la même avec les SPAI pauvre en matière nutritive (coque de coton, son de riz) qui serve d'aliments de lest dans les systèmes semi-intensifs d'élevage des bovins [22]. Le prix des sous-produits agricoles (SPA) sont plus élevés sur le marché. Il passe en moyenne de 475 Fcfa/Kg à 538 Fcfa/Kg pour les fanes de niébé et d'arachide et de 450 Fcfa/Kg à 500 Fcfa/Kg pour les tiges de sorgho pluvial et repiqué. La disponibilité des SPA est faible sur le marché pendant les saisons de culture. Dans toute la zone d'étude, les SPAI sont disponibles sur le marché en toute saison contrairement aux SPA. La variation de la disponibilité des ingrédients alimentaires sur le marché influence la valeur marchande de ces derniers [23].

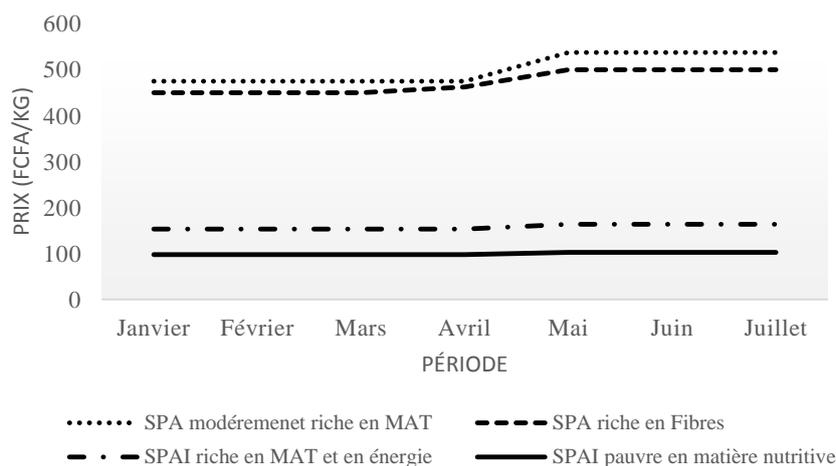


Figure 4 : *Variation du prix des groupes des ingrédients alimentaires*

3-5. Coût du kilogramme de matière azotée

Le prix du kg de MAT contenue dans un ingrédient alimentaire dépend de la teneur en MAT et du prix de cet ingrédient. Plus la teneur en MAT d'un ingrédient est élevé, moins sera le prix du kg de MAT issu de cet ingrédient. Un (1 kg) de MAT issu des SPA riche en fibres (tiges de sorgho) coûte 55 144 Fcfa. Pourtant, la même quantité de MAT à base de l'alibet coûte seulement 1 773 Fcfa (**Figure 5**). Pour améliorer la rentabilité des unités de production de bétail, l'achat des SPA ne serait pas recommandé. Toutes fois, pour des agro-éleveurs, les SPA issus de leurs propres champs devraient être valorisés dans l'alimentation du bétail. L'achat des ingrédients alimentaires devrait donc être raisonné en fonction du coût du kilogramme de matière azotée contenue dans chaque ingrédient.

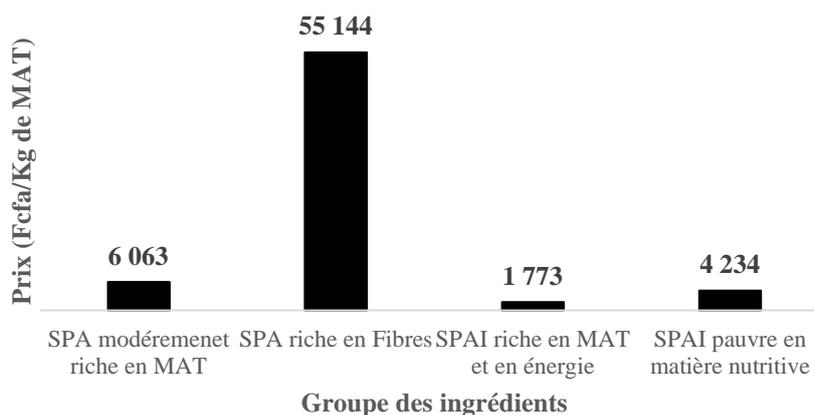


Figure 5 : *Prix du kilogramme de matière azotée totale*

Dans les systèmes semi-intensifs d'élevage des bovins en zone semi-aride, le coût de l'alimentation représente 72,47 % à 84,64 % du coût total de production [22]. Il est donc important dans ce contexte de considérer le coût des ingrédients alimentaire dans le but de mieux rentabiliser les unités de production. Le choix de l'éleveur concernant la ration alimentaire est essentiellement guidé par la disponibilité et le coût des ingrédients alimentaires. En milieu urbain et péri-urbain, l'achat des sous-produits agricoles serait

déconseillé aux producteurs, car réduit considérablement la rentabilité des unités de production. Par contre, l'utilisation des sous-produits agro-industriels, localement disponible, devrait être encouragée. Ceci permettrait d'améliorer la rentabilité des élevages de bovin.

4. Conclusion

L'étude sur la composition chimique révèle que les substrats analysés ont des teneurs élevées en matière sèche. Parmi les sous-produits agricoles, la fane de niébé est le plus riche en MAT et les tiges de sorgho pluvial et repiqué présentent de faibles teneurs en MAT. En ce qui concerne les constituants pariétaux, la paille du riz est le substrat le plus riche en cellulose brute tandis que les tiges de sorgho et les sous-produits agro-industriels ont des faibles teneurs en cellulose brute. Le *S. guyanensis* est le substrat le plus riche en fibres NDF. Ce substrat présente également une teneur élevée en tanins totaux comparé à d'autres. En fonction de la teneur en tanins totaux, le classement des substrats est le suivant : *S. guyanensis* > *B. ruziziensis* > Fane de niébé > Fane de niébé > d'arachide > Tiges sorgho repiqué > Tiges sorgho pluvial > Paille de riz > Son de sorgho > Son de riz > Son de maïs > Tourteau de coton > Coque de coton. L'analyse en composantes principales permet de classer les ingrédients dans deux grandes catégories: les fourrages grossiers et les sous-produits agro-industriels. L'utilisation des sous-produits agro-industriels est à encourager dans les unités d'embouche à cause de leur prix relativement faible par rapport aux fourrages grossiers. Toutefois pour des agro-éleveurs, l'utilisation des fourrages grossiers permettrait de mieux valoriser les sous-produits agricoles et ainsi améliorer la rentabilité des exploitations agricoles.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet AFSI (African Food Security Initiative) porté par le CSIRO et le CORAF

Références

- [1] - M. LABONNE, P. MAGRONG and Y. OUSTALET, *Le secteur de l'élevage au Cameroun et dans les provinces du grand Nord: situation actuelle, contraintes, enjeux et défis*, Actes du colloque, Garoua, Cameroun, (2002) 27-31
- [2] - J. P. BOUTONNET, M. GRIFFON and D. VIALLET, *Compétitivité des productions animales en Afrique subsaharienne et à Madagascar*, Synthèse générale, CIRAD/EMVT-INRA/SAD, (2000) 100p.
- [3] - M. HAMADOU, S. IDRISSE, C. MAHAMADOU, S. OUMAROU and K. VALENTIN, Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) : Revue de littérature, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34 (2017) 5424-5447
- [4] - K. F. SANOU, S. OUEDRAOGO, S. NACRO, M. OUEDRAOGO and C. K. ZOUNGRANA, Durabilité de l'offre et valeur nutritive des fourrages commercialisés en zone urbaine de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Cah. Agric.* 25, 15002, (2016) 1-10
- [5] - J. KENGUE, Deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun, (2008) 1-93
- [6] - Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis, 14th ed. Washington, D C (1984)
- [7] - A. J. MAYNARD, Methods in food analysis, *Academic Press New York*, London, (1970) 1-176

- [8] - S. P. J. VAN and R. H. WINE, Use of detergent analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents, *J. Ass. Off. Anal. Chem.* 50, (1963) 50-56
- [9] - I. M. MORRISON, A semi-micro method for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops, *J. Sci. Food Agric.* 23, (1972) 453-455
- [10] - INRA, Alimentation des bovins, ovins et caprins, Ed. QUAE, (2007)
- [11] - M. CHENOST, V. ROYER, J. M. CENTRES, F. GAILLARD and J. DAVIS, Traitement des tiges de maïs à l'urée et utilisation pour la production laitière en région productrice de café et de banane en Tanzanie, *Rev Elev Med Vét Pays Trop.* 46, (1993) 597-608
- [12] - A. TOLERA, K. KHAZAAL and E. R. ORSKOV, Nutritive evaluation of some browses species, *Anim. Feed Sci. Technol.* 67, (1997) 181-195
- [13] - H. AMMAR, S. LOPEZ, J. S. GONZALEZ and M. J. RANILLA, Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species, *Anim. Feed Sci. Technol.* 115, (2004) 327-340
- [14] - G. C. WAGHORN, I. SHELTON, W. MCNABB and S. MCCUTCHEN, Effects of condensed tannins in lotus *Pedunculatus* on its nutritive value for sheep, *J. Agric. Res.* 123, (1994) 109-119
- [15] - J. PATERSON, R. COHRAN and T. KLOPFENSTEIN, Degradable and undegradable protein response of cattle consuming forage-based diets. Proceedings of the third grazing livestock nutrition conference, *Am. Soc. Anim. Sci.* 47, (1996) 94-103
- [16] - B. W. NORTON, The nutritive value of tree legumes, [online]. Available in <http://www.FAO.org/agp/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556eoj.htm>. (2003)
- [17] - M. OBA and M. S. ALLEN, Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows, *J. Dairy Sci.* 82, (1999) 589-596
- [18] - N. CARPITA and M. MCCANN, The cell wall" In: B. BUCHANAN, W. GRUISSEM and R. JONES eds. Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville, IN, USA: American Society of Plant Physiologists, (2000) 52-108
- [19] - P. FRUTOS, G. HERVAS, G. RAMOS, F. J. GIRALDEZ and A. R. MANTECON, Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value, *Anim. Feed Sci. Technol.* 95, (2002) 215-226
- [20] - R. C. KHANAL and D. B. SUBBA, Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal, *Anim. Feed Sci. Technol.* 92, (2001) 161-165
- [21] - R. BAUMONT, J. AUFRERE, V. NIDERKORN, D. ANDUEZA, F. SURAULT, J. R. PECCATTE, L. DELABY and P. PELLETIER, La diversité spécifique dans le fourrage: conséquence sur la valeur alimentaire, *Fourrages*, 194, (2008) 189-206
- [22] - R. BAUMONT, J. AUFRERE and F. MESCHY, La valeur alimentaire des fourrages: rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation, *Fourrages*, 198, (2009) 153-173
- [23] - Y. BLAMA, S. KADOUAMAÏ and C. RIGOLOU, Analyse technico-économique des unités d'embouche bovine en zone semi-aride du Cameroun, *Afrique Science* 12, 2, (2016) 15-28
- [24] - M. MONTCHO, S. BABATOUNDE, B. A. ABOH, M. J. D. BAHINI, A. A. M. C. CHRYSOSTOME and G. A. MENSAH, Disponibilité, Valeurs Marchande Et Nutritionnelle Des Sous-Produits Agricoles Et Agroindustriels Utilisés Dans L'alimentation Des Ruminants Au Bénin, *European Scientific Journal*, Vol.12, N° 33 (2016) 422 - 441