

## Les grains de céréale dans l'alimentation des poulets au Bénin : digestibilité métabolique et paramètres biochimiques sériques induits

Ghislaine Sègbédji Théodora ATCHADE<sup>1\*</sup>, Emeline Fananhin SEGBOTANGNI<sup>2</sup>,  
Serge Egide Paulin MENSAH<sup>1</sup>, Mankpondji Frédéric HOUNDONUGBO<sup>2</sup>,  
Sèlidji Eugène ATTAKPA<sup>3</sup> et Christophe Archille Armand Mahoussi CRYSTOSTOME<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Laboratoire des Recherches Zootechnique Vétérinaire et Halieutique, 01 BP 2359 RP Cotonou, Bénin

<sup>2</sup> Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo-Economie, 01 BP 3783 Cotonou, Bénin

<sup>3</sup> Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Physiopathologie Moléculaire et Toxicologie, 01 BP 4521 Cotonou, Bénin

\* Correspondance, courriel : [atchadedora@yahoo.fr](mailto:atchadedora@yahoo.fr)

### Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la valeur alimentaire de différents Types de Grains de Céréale (TGC) utilisés en alimentation de la volaille au Bénin. Un dispositif expérimental de bloc complètement aléatoire à cinq traitements et à huit répétitions d'un coquelet chacun, soit quarante coquelets adultes ISA BROWN, a été utilisé dans un essai de digestibilité *in vivo* de sept jours. Cinq TGC locaux constitués de Maïs blanc (Mb), Maïs jaune (Mj), Sorgho blanc (Sb), Sorgho rouge (Sr) et Mil (Mi) ont été testés. Les résultats montrent que la digestibilité métabolique apparente de la MO des cinq TGC variant de 87 à 91 % était plus élevée pour Mj. La PB et les CT des TGC ont été digérées de la même manière par les coquelets. La CB et la MG contenues dans Mj ont été les mieux digérées par les coquelets. Le régime exclusif aux TGC a entraîné la diminution de la cholestérolémie de l'ordre de 13 % chez les coquelets, quel que soit le TGC considéré. La protéinémie totale post-alimentation a été affectée par le TGC et était plus élevée chez les coquelets soumis au Mj. Cette étude qui est une première au Bénin, renseigne sur la valeur alimentaire des grains de céréale chez la volaille et suggère que Mj est le meilleur TGC pour les coquelets. Ces résultats sont très utiles pour la formulation d'aliments à base de grains de céréale destinés aux poulets par les fabriques d'aliments, les éleveurs et les scientifiques.

**Mots-clés :** *céréales, métabolisme, paramètres hépatiques, coquelet, Bénin.*

### Abstract

**Cereal grains in broilers feeding in Benin : Metabolic digestibility and biochemistry parameters induced**

The aim of this study was to evaluate the nutritional value of cereal grains (CG) used in poultry feeding in Benin. A completely randomized block of five treatment having eight replicates of a cockerel each. Forty ISA BROWN cockerels, was used in a seven day *in vivo* digestibility test. Each single local CG: White Corn (Mb), Yellow Corn (Mj), White Sorghum (Sb), Red Sorghum (Sr) and Millet (Mi) were tested. The results showed that the apparent metabolic digestibility of OM ranged from 87 to 91 % with the higher value in yellow maize. Crude protein and

ash of CG were similarly digested by cockerels. The best digestibility of crude fiber and ether extract were also found in yellow maize treatment. Irrespectively of the type CG, the single grain diet decreased cockerel's cholesterolemia of about 13 %. Total protein concentration was affected by the type of CG with the highest value in cockerels fed with yellow maize. This study, the first in Benin inform on the nutritional value of cereals grains in poultry. It suggest that yellow maize is the best cereal grain for cockerels. These results are therefore very useful for poultry balanced feeds formulation by factories, farmers and scientists.

**Keywords :** *cereals, metabolism, hepatic parameters, cockerel, Benin.*

## 1. Introduction

La valeur alimentaire d'un aliment ou d'un ingrédient alimentaire se caractérise par sa valeur nutritive ou concentration en différents éléments nutritifs et par son ingestibilité [1]. En outre, la digestibilité d'un ingrédient alimentaire influence sa valeur alimentaire. Ainsi, pour évaluer la valeur alimentaire, la méthode chimique de digestibilité *in vitro* et la méthode biologique *in vivo* sont utilisées [2]. La méthode *in vivo* complète la première en donnant des indications sur l'utilisation, le niveau d'ingestion et la digestibilité de l'aliment par l'animal [2]. Dans plusieurs pays, la valeur nutritive des ingrédients alimentaires est inscrite dans des tables nationales de composition nutritionnelle telles que celles de l'Institut Nationale de la Recherche Agronomique (INRA) de la France et du National Research Council (NRC) des USA. Dans ces tables de composition nutritionnelle très utiles pour la formulation des aliments composés destinées aux animaux [3], c'est la valeur alimentaire de chaque ingrédient alimentaire qui figure. Or, la plupart des études scientifiques portant sur l'évaluation de la valeur alimentaire des aliments destinés aux poulets sont souvent réalisées sur des aliments composés du fait qu'en élevage moderne et semi-moderne, les poulets sont nourris avec ces type d'aliments qui comportent majoritairement des grains de céréale [4] qui couvrent 70 à 90 % des besoins énergétiques et 35 à 50 % de l'apport azoté [5]. Malgré cette importance, la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest et en particulier le Bénin ne disposent pas de tables nationales de composition nutritionnelle des ressources alimentaires destinées aux animaux domestiques.

Ainsi, pour les besoins de formulation des rations animales, les tables étrangères de la France (INRA) et des USA (NRC) sont le plus souvent utilisées, avec pour conséquences l'imprécision des formules alimentaires et la baisse des performances zootechniques des animaux [3]. Les variations susceptibles d'exister dans les ressources alimentaires dans les différents pays ajoutent une cause d'erreur à celles liées à la nature de ces ressources [1]. Le maïs, le mil, et le sorgho étant les grains de céréale les plus couramment utilisés en Afrique de l'Ouest pour nourrir les animaux [4], il est donc opportun, dans la perspective d'élaborer une table nationale de composition nutritionnelle, d'apprécier leur valeur alimentaire chez le poulet au Bénin. Il est également démontré que les composants biochimiques du sang sont généralement influencés par la quantité et la qualité des aliments consommés [6]. Ainsi, l'analyse des paramètres biochimiques sériques des animaux permet d'une part de statuer sur la qualité de l'aliment par lequel ils ont été nourris et sur la qualité de la viande produite par ces animaux ; d'autre part d'évaluer l'assimilation biochimique de l'aliment par l'organisme des animaux [7, 8]. La connaissance de la valeur alimentaire des grains de céréale et les paramètres biochimiques sériques qu'ils induisent chez les poulets contribuerait donc valoriser convenablement les grains de céréale dans l'alimentation des poulets au Bénin. La présente étude a été initiée à cet effet pour déterminer la valeur alimentaire des grains de céréale dans l'alimentation des coquelets tout en évaluant les paramètres biochimiques sériques induits chez ces derniers. Elle s'inscrit dans le cadre de l'élaboration de tables nationales de composition nutritionnelle des ressources alimentaires pour animaux monogastriques non disponibles.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Animaux expérimentaux et logement

Un effectif total de quarante coquelets ISA BROWN adultes, âgés de six mois et de poids vif moyen 1880,35 g ont été utilisés. Les sujets ont été répartis au hasard en cinq groupes comportant chacun 8 coquelets. Chaque coquelet a été logé individuellement dans une cage métallique de digestibilité, de dimensions 40 cm x 35 cm x 40 cm. Chaque cage de digestibilité était munie d'une mangeoire, d'un abreuvoir et d'un dispositif pour la collecte totale des fientes. Les coquelets ont été préalablement déparasités contre les helminthoses et la coccidiose.

### 2-2. Ressources alimentaires, dispositif expérimental

Les grains de céréale ont constitué la catégorie de Ressource Alimentaire Concentrée (RAC) utilisée dans la présente étude. Les types de grains de céréale (TGC) disponibles localement et les plus utilisés dans l'alimentation des poulets ont été évalués. Il s'agit de : Maïs variété blanche EVDT-W (Mb) ; Maïs variété jaune SAMAZ-40 (Mj) ; Sorgho variété blanche (Sb) ; Sorgho variété rouge (Sr) et le Mil (Mi). Ces TGC ont été grossièrement concassés chacun dans un moulin. Le dispositif expérimental utilisé était un bloc complètement aléatoire à cinq traitements que sont les TGC (Mb ; Mj ; Sb ; Sr ; Mi) et à huit répétitions d'un coquelet chacun. Les coquelets ont été donc répartis en cinq groupes homogènes de huit coquelets et chaque groupe a été affecté au hasard à un TGC.

### 2-3. Évaluation du métabolisme des grains de céréales chez les coquelets

Pour évaluer le métabolisme des TGC chez les coquelets, le protocole de référence de l'INRA [2] a été utilisé dans une expérimentation de digestibilité métabolique de sept jours consécutifs. Les cinq groupes de huit coquelets ont été accoutumés *ad libitum* aux TGC correspondants pendant 3 jours, puis mis à jeun pendant 24 h. Ensuite, les coquelets de chaque groupe ont été nourris pendant deux jours avec 200 g de grains de céréale correspondant puis de nouveau mis à jeun. L'eau était servie *ad libitum*. Les excréta ont été collectés par sujet pendant les deux derniers jours d'alimentation et le dernier jour de jeûne. Les quantités d'aliments servis et refusés ont été pesées par coquelet. Les coquelets ont été pesés au début et à la fin de l'essai. Les échantillons d'excréta, de grain de céréale servis et refusés ont été conservés au réfrigérateur à + 4°C en vue des analyses chimiques.

### 2-4. Analyses chimiques

Les analyses chimiques ont porté sur les échantillons des cinq TGC et des excréta des coquelets. Ces échantillons ont été analysés selon les méthodes officielles approuvées par [9] pour évaluer leurs teneurs en Matière Sèche (MS), Matière Organique (MO), Protéine Brute (PB) ou Matières Azotées Totales (MAT), Matière Grasse (MG), Cellulose Brute (CB) et en Cendres Totales (CT). Ces méthodes sont résumées dans le **Tableau 1**.

### 2-5. Calcul de l'Extractif Non Azoté et de l'Energie Métabolique

L'estimation des teneurs en Extractif Non Azoté et en Energie Métabolisable des TGC utilisés au cours de cette étude, a été faite par des calculs à l'aide des différentes formules.

### 2-5-1. Extractif Non Azoté

La teneur en Extractif Non Azoté (ENA) de chaque TGC a été calculée à l'aide de la **Formule** de [1] suivante:

$$ENA (\%) = 100 - (MG + PB + CT + CB) \quad (1)$$

*MG étant la Teneur en Matière Grasse, PB la Teneur en Protéine Brute, CT la Teneur en Cendres Totales et CB la Teneur en Cellulose Brute.*

### 2-5-2. Energie Métabolisable

#### ➤ Maïs

L'Energie Métabolisable (EM) (Kcal/Kg MS) des grains de maïs blanc et jaune a été calculée à partir de **l'Équation** de prédiction [12] suivante :

$$EM_{Maïs} = (36.21PB + 85.44MG + 37.26ENA) \quad (2)$$

*PB étant la Teneur en Protéine Brute, MG la Teneur en Matière Grasse et ENA la teneur en Extractif Non Azoté.*

#### ➤ Sorgho

L'Energie Métabolisable (EM) (Kcal/Kg MS) des grains de sorgho blanc et rouge a été calculée à partir de **l'Équation** de prédiction [10] suivante :

$$EM_{Sorgho} = (21.98PB + 54.75MG + 35.18ENA) \quad (3)$$

*PB étant la Teneur en Protéine Brute, MG la Teneur en Matière Grasse et ENA la teneur en Extractif Non Azoté.*

#### ➤ Mil

L'Energie Métabolisable (EM) (Kcal/Kg MS) des grains de mil a été calculée à partir de **l'Équation** de prédiction [11] suivante :

$$EM_{Mil} = (3780 - 114PB) \quad (4)$$

*PB étant la Teneur en Protéine Brute.*

**Tableau 1 : Méthodes chimiques analytiques**

Composants	Méthodes analytiques
Matière Sèche	Séchage à l'étuve à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant
Matière Organique	Par différence avec la formule, MO (%) = 100 - CT (%)
Protéine Brute	Détermination de l'Azote par la méthode de Kjeldahl. L'Azote dosé est multiplié par 6,25 pour trouver la teneur en PB
Matière Grasse	Extraction au Soxhlet avec de l'éther pétrole (40-60 °C) pendant 6 h
Cellulose Brute	Méthode de Weende qui se résume en deux hydrolyses acide et une autre alcaline séparées par une filtration et un rinçage à l'eau chaude
Cendres Totales	Calcination au four électronique à 550 °C pendant 7 h

## 2-6. Calcul du Coefficient d'Utilisation Digestive apparent

Les données issues des analyses chimiques des échantillons des cinq TGC et des excréta des coquelets ont été utilisées pour calculer le Coefficient d'Utilisation Digestive apparent (CUDa) des différents nutriments (MS, MO, PB, MG, CB, CT), selon la **Formule** suivante :

$$CUDa_{\text{Nutriment}(\%)} = \frac{100 \times [(NAQAI) - (NFQF)]}{NAQAI} \quad (5)$$

*NA étant la Quantité du Nutriment dans l'Aliment, QAI la Quantité d'Aliment Ingérée, NF la Quantité du Nutriment dans les Fèces et QF la Quantité de Fientes.*

## 2-7. Évaluation de quelques paramètres biochimiques hépatiques des coquelets

Au début et à la fin des sept jours consécutifs d'essai de digestibilité, un effectif total de vingt coquelets, à raison de quatre coquelets choisis au hasard par TGC testé ont été prélevés à jeun très tôt le matin. Le sang a été pris au niveau de la veine alaire de chaque sujet, dans des tubes secs et des tubes avec anticoagulant (Fluorure de Sodium). Après 2 heures de repos, le sang a été centrifugé à 3500 g pendant 10 mn. Le sérum et le plasma recueillis dans des cupules de récupération a été conservé à -20°C en vue des analyses biochimiques. Le glucose, les protéines totales, le cholestérol total et les triglycérides ont été dosés suivant les procédures classiques comme l'indique le **Tableau 2**. Le dosage du glucose a été réalisé dans un délai de 24 h ; les autres paramètres ont été dosés dans un délai de 72 h.

**Tableau 2 : Méthodes analytiques des paramètres biochimiques hépatiques évalués**

Paramètres biochimiques sériques	Méthode analytique	Principe	Référence des Kits
<b>Glucose</b>	Enzymatique GOD-PAP	Trinder	Biolabo Glucose Réf : LP80209
<b>Triglycérides</b>	Enzymatique GPO	Trinder	Biolabo Triglycérides Réf : 80019
<b>Cholestérol Total</b>	Enzymatique CHOD-PAP	Trinder	Biolabo Cholestérol Chod-Pap Réf 80106
<b>Protéines Totales</b>	Colorimétrique	Biuret	Biolabo Protéines Totales Réf: 80103

## 2-8. Analyses statistiques

Afin d'apprécier l'effet des TGC (Mb, Mj, Sb, Sr et Mi) sur les CUDa chez les coquelets, le test non paramétrique de Kruskal Wallis a été effectué dans l'environnement du logiciel R 3.5.1 [12]. Lorsque la probabilité est significative ( $p < 0,05$ ), une structuration de moyenne a été réalisée avec la fonction SNK du package « agricolae » [13]. Le même processus d'analyse a été adopté pour évaluer l'effet des TGC sur les paramètres biochimiques hépatiques des coquelets. Les valeurs sont présentées sous forme de Moyenne ± Erreur Standard dans les **Tableaux 4 et 5**.

### 3. Résultats

#### 3-1. Valeur alimentaire des grains de céréale chez les coquelets

##### 3-1-1. Profil chimique des grains de céréale

Le **Tableau 3** présente la composition chimique des TGC utilisés pour alimenter les coquelets. Les proportions de MS et de MO dans les cinq TGC étaient très élevées et ont dépassé respectivement 90 % et 98 % de MS. Les grains de mil et de sorgho rouge étaient les plus secs. Mais ce sont les grains de mil qui contenaient moins de MO. Le maïs blanc EVDT-W s'est avéré être le TGC le plus riche en PB avec une teneur dépassant 13 % de MS. Les grains de mil ont été les plus pauvres en PB. Ainsi, la variété SAMAZ 40 de maïs jaune était la moins riche en PB que celle blanche EVDT-W. La variété rouge de sorgho était plus riche en PB que la variété blanche. Les teneurs en MG, CB et CT des cinq TGC ont varié respectivement de 2,3 à 4,06 % MS ; 1,89 à 2,80 % MS et 1,43 à 2,3 % MS. Les grains de mil étaient plus riches en MG, CB et en CT que les autres TGC. Les deux variétés de maïs contenaient approximativement la même proportion de MG (3,9 % MS). Le sorgho blanc s'est avéré être plus riche en MG (3,56 % MS) que le sorgho rouge (2,3 % MS). La teneur en CB de même que la teneur en CT des deux variétés de maïs étaient relativement proches. Le sorgho rouge était plus riche en CB (2,05 % MS) que le sorgho blanc (1,89 % MS). La proportion d'ENA dépassait 80 % dans tous les TGC, à l'exception du maïs blanc où elle était plus faible (78,67 % MS). L'Energie Métabolisable du maïs, toute variété confondue était nettement la plus élevée que celle des autres TGC et avoisinait 3700 Kcal/kg MS. Viennent ensuite les grains de mil dont l'EM était d'environ 3460 Kcal/kg MS. Enfin, le sorgho s'est révélé comme étant le grain de céréale le moins riche en EM (3267 à 3333 Kcal/kg MS), comparativement aux grains de maïs et de mil. Aussi, entre les grains de sorgho, la variété blanche a-t-elle été la plus riche en EM.

**Tableau 3 :** Composition chimique des grains de céréales (% MS)

Type Grain de Céréale	MS (%)	Composition chimique (% MS)						EM (Kcal/kg MS)	EM (Kcal/kg MB)
		MO	PB	MG	CB	CT	ENA		
Mb	91,68	98,31	13,58	3,81	2,25	1,68	78,67	3748,50	3436,62
Mj	92,12	98,56	10,36	3,99	2,56	1,43	81,65	3758,32	3461,41
Mi	95,04	97,86	8,82	4,06	2,80	2,13	82,18	3460,8	3289,14
Sb	94,70	98,16	9,38	3,56	1,89	1,83	83,33	3332,63	3156
Sr	92,87	98,09	11,90	2,3	2,05	1,90	81,84	3266,62	3033,70

Mb = Maïs Variété blanche ; Mj = Maïs variété jaune ; Mi = Mil ; Sb = Sorgho variété blanche ; Sr = Sorgho variété rouge ; MS = Matière Sèche ; MO = Matière Organique ; PB = Protéine Brute ; MG = Matières Grasses ; CB = Cellulose brute ; CT = Cendres Totales ; ENA = Extractif Non Azoté ; EM = Énergie Métabolisable et MB = Matière Brute.

##### 3-1-2. Métabolisme des grains de céréale chez les coquelets

Les résultats de métabolisme des grains de céréale chez les coquelets évalué dans cette étude sont résumés dans le **Tableau 4**. Ces résultats montrent que les digestibilités métaboliques de la MS et de la MO des cinq TGC étaient significativement différentes ( $P < 0,05$ ). En effet, la MS et la MO du maïs jaune étaient les plus digérées par les coquelets ( $P < 0,05$ ). Cependant, dans l'ensemble, les CUDa MS et CUDa MO étaient élevées pour les cinq TGC et variaient respectivement de 86 à 90,4 % et de 87 à 91,2 % MS. La PB ainsi que les CT des cinq TGC étaient digérées de manière similaire par les coquelets ( $P > 0,05$ ). Les

analyses statistiques ont révélé que les digestibilités métaboliques de la MG et de la CB étaient significativement différentes entre les TGC ( $P = 0,001$ ). En effet, les CUDa de la MG et de la CB des cinq TGC avaient varié respectivement de 44,47 % MS à 83,20 % MS et 31,90 % MS à 77,12 % MS. Comparativement aux autres TGC, les coquelets avaient mieux digéré la MG contenue dans le maïs jaune ( $P = 0,001$ ) avec un CUDa MG qui avoisinait 83 % MS. Par contre, ils n'avaient pas bien digéré la MG du sorgho rouge, avec un taux de digestibilité inférieure à 50 % MS. Quant aux fibres, les coquelets ont moins digéré ( $P = 0,001$ ) la CB des deux variétés de sorgho. Ainsi, les résultats montrent que les CUDa CB des sorghos blanc et rouge, statistiquement similaires, étaient respectivement de 36,61 % MS et 31,90 % MS. En revanche, les CB des deux variétés de grains de maïs étaient les plus digestibles ( $P = 0,001$ ). La CB du maïs jaune était la mieux digérée ( $P = 0,001$ ). Une comparaison variétale indique que la CB du maïs blanc était plus difficile à digérer (53 % MS) que celle du maïs jaune (77 % MS) par les coquelets. En somme, le maïs jaune, est apparu comme le TGC dont les composés nutritionnels étaient les plus digestibles chez les coquelets.

### 3-2. Paramètres biochimiques hépatiques des coquelets alimentés avec différents grains de céréale

Les résultats des paramètres biochimiques sériques enregistrés chez les coquelets alimentés de façon exclusive avec différents grains de céréale sont consignés dans le **Tableau 5**. La glycémie, la protéinémie totale, la cholestérolémie et la triglycéridémie des coquelets avant l'alimentation aux cinq TGC étaient statistiquement similaires ( $P > 0,05$ ) et variaient respectivement de 2 à 2,23 g/L ; 28 à 39,20 g/L ; 1,8 à 2,01 g/L et 0,12 à 0,23 g/L. Après l'alimentation exclusive des coquelets avec les différents grains de céréale, seuls les taux de protéines totales et de cholestérol total avaient varié de façon significative. En effet, le TGC a eu d'effet statistiquement significatif ( $P < 0,05$ ) sur les protéines totales des coquelets, avec la teneur la plus élevée (37,98 g/L) enregistrée chez les coquelets nourris aux grains de maïs jaune alors que ceux soumis au mil avaient la protéinémie la plus faible (31,80 g/L). Par ailleurs, le **Tableau 5** montre que la cholestérolémie totale des coquelets diminue de façon significative ( $P < 0,05$ ) d'environ 13 % après l'alimentation basée exclusivement sur les grains de céréale, quel que soit le TGC.

**Tableau 4 :** Coefficients d'Utilisation Digestive apparent (CUDa) des éléments nutritifs contenus dans les grains de céréale destinés aux coquelets

CUDa (%)	Types de Grains de céréale (Moyenne $\pm$ ES)					P Value
	Mb	Mj	Mi	Sb	Sr	
MS	88,67 $\pm$ 0,87 <sup>ab</sup>	90,35 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	87,12 $\pm$ 1,07 <sup>ab</sup>	88,98 $\pm$ 0,99 <sup>ab</sup>	86,14 $\pm$ 0,92 <sup>b</sup>	0,016
MO	89,50 $\pm$ 0,81 <sup>ab</sup>	91,15 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	88,75 $\pm$ 0,93 <sup>ab</sup>	90,01 $\pm$ 0,90 <sup>ab</sup>	87,09 $\pm$ 0,86 <sup>b</sup>	0,015
PB	74,42 $\pm$ 1,97	68,85 $\pm$ 1,04	68,92 $\pm$ 2,58	66,30 $\pm$ 3,04	69,69 $\pm$ 2,03	0,159
MG	71,87 $\pm$ 2,17 <sup>b</sup>	83,20 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	50,60 $\pm$ 4,10 <sup>c</sup>	63,12 $\pm$ 3,33 <sup>b</sup>	44,47 $\pm$ 3,72 <sup>c</sup>	0,001
CB	53,02 $\pm$ 3,63 <sup>b</sup>	77,12 $\pm$ 0,76 <sup>a</sup>	49,30 $\pm$ 4,20 <sup>b</sup>	36,61 $\pm$ 2,20 <sup>c</sup>	31,90 $\pm$ 2,46 <sup>c</sup>	0,001
CT	39,71 $\pm$ 4,65	35,45 $\pm$ 2,15	34,67 $\pm$ 1,66	37,40 $\pm$ 4,77	37,30 $\pm$ 4,20	0,891

CUDa = Coefficient d'Utilisation Digestive apparent ; MS = Matière Sèche ; MO = Matière Organique ; PB = Protéine Brute ; MG = Matières Grasses ; CB = Cellulose Brute ; CT = Cendres Totales ; Mb = Maïs blanc ; Mj = Maïs jaune ; Mi = Mil ; Sb = Sorgho blanc ; Sr = Sorgho rouge ; P value = Valeur de la Probabilité du seuil de significativité ; ES = Erreur Standard. Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne (a, b, c) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 5 : Paramètres biochimiques sériques des coquelets nourris avec des grains de céréale**

Paramètres	Temps de prélèvement	Types de Grains de céréale (Moyenne ± ES)					Prob
		Mb	Mj	Sb	Sr	Mi	
Glucose (g/L)	AvT	2,08 ± 0,08	2,00 ± 0,05	2,19 ± 0,08	2,13 ± 0,06	2,23 ± 0,06	0,204
	ApT	1,98 ± 0,04	2,12 ± 0,09	2,17 ± 0,17	2,38 ± 0,09	2,04 ± 0,06	0,107
	Prob	0,275	0,425	0,912	0,184	0,112	
Protéines Totales (g/L)	AvT	39,20 ± 8,35	31,88 <sup>B</sup> ± 1,88	30,90 ± 4,95	24,55 ± 5,75	28,83 ± 2,68	0,421
	ApT	35,18 <sup>ab</sup> ± 1,73	37,98 <sup>aA</sup> ± 1,60	35,50 <sup>ab</sup> ± 0,60	37,30 <sup>a</sup> ± 1,38	31,80 <sup>b</sup> ± 1,22	0,047
	Prob	0,658	0,018	0,438	0,106	0,400	
Cholestérol Total (g/L)	AvT	1,99 ± 0,15	2,02 <sup>A</sup> ± 0,06	2,01 ± 0,18	1,89 ± 0,14	1,86 ± 0,05	0,875
	ApT	1,74 ± 0,11	1,73 <sup>B</sup> ± 0,06	1,65 ± 0,11	1,94 ± 0,17	1,71 ± 0,09	0,454
	Prob	0,059	0,019	0,188	0,858	0,223	
Triglycérides (g/L)	AvT	0,12 ± 0,02	0,23 ± 0,04	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,04	0,21 ± 0,08	0,344
	ApT	0,17 ± 0,02	0,19 ± 0,03	0,13 ± 0,02	0,23 ± 0,05	0,15 ± 0,01	0,264
	Prob	0,155	0,593	0,867	0,414	0,552	

Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne (a, b) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ); Les valeurs affectées de différentes lettres (A, B) dans la même colonne sont significativement différentes; ES = Erreur Standard; Prob = Probabilité issue de la comparaison des moyennes avant et après traitement; AvT = Avant Traitement; ApT = Après Traitement.

#### 4. Discussion

La valeur alimentaire d'un aliment ou d'un ingrédient alimentaire prend en compte sa valeur nutritive mais aussi sa digestibilité par une espèce animale donnée [3]

##### 4-1. Valeur nutritive des grains de céréales

Cette étude donne une vue globale sur le profil chimique des grains de céréale souvent utilisés au Bénin pour la fabrication des aliments composés destinés aux animaux monogastriques. La teneur en MS élevée (91 à 95 %) des cinq TGC expérimentaux est en accord avec les résultats de [14] qui souligne que de telles teneurs élevées permettent leur conservation aisée. Les teneurs de MS obtenues sont toutefois supérieures à celles de [15 - 17] qui varient de 85 à 91 %. De même, ces teneurs dépassent celles généralement obtenues dans les pays occidentaux [1, 18 - 20] où le taux d'humidité de l'air est relativement élevé. La teneur en PB des cinq TGC évalués (8,9 à 13,6 % MS) se rapproche des taux de 8 à 11 % signalés par [4, 14, 21]. La teneur en PB de 10,36 % MS des grains de maïs jaune est similaire à celle trouvée par [22] qui est de 10,20 % MS. Cette teneur en PB du maïs jaune est néanmoins plus faible que les 9,9 % MS trouvés par [17]. Par ailleurs, le taux de PB de 13,58 % MS obtenu pendant l'essai pour les grains de maïs blanc est plus élevé que les 11,8 % MS rapportés par [16]. Les grains de maïs blanc EVDT-W se révèle donc être plus riche en PB que le maïs jaune SAMAZ-40, ce qui justifie sa faible teneur en ENA (78,67 % MS). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les grains de maïs blanc EVDT-W utilisés aient été cultivés avec un apport en engrais azotés. En effet, [15] signale qu'au Bénin, le maïs blanc est le plus cultivé et les agriculteurs font de plus en plus un apport azoté à sa culture pour maximiser leur rendement. Les grains de céréale utilisés dans l'essai ont eu une faible teneur en MG (2,3 à 4 % MS); ce qui concorde avec les résultats de [23] qui indiquent que les céréales contiennent peu de matière grasse.

Le taux de CB des cinq TGC est également faible et varie de 1,89 à 2,56 % MS. Ces valeurs sont relativement proches de celles trouvées par certains auteurs [1, 16, 17]. Toutefois, ces taux restent inférieurs au taux maximal de 3 - 5 % recommandé dans l'aliment composé de volaille [24]. Ces faibles taux de CB font de ces grains de céréale des ingrédients alimentaires très indiqués pour volaille car la CB est faiblement digestible chez elle. Les grains de céréale constituent en effet la base énergétique des aliments composés chez la volaille [1]. Chez cette espèce, c'est la forme métabolisable de l'énergie qui mesure mieux la valeur énergétique des matières premières [1]. Mais l'EM diffère d'une céréale à une autre [25]. Il est admis que le potentiel énergétique d'une matière première est corrélé à ses caractéristiques chimiques et nutritionnelles [26]. De plus, l'EM du maïs est le standard qui est utilisé pour comparer d'autres sources d'énergie [27]. Cette étude révèle que les deux variétés de grains de maïs sont les TGC dont l'EM (environ 3750 Kcal/kg MS) est la plus élevée, malgré leurs faibles teneurs en MG. Cette énergie métabolisable du maïs concorde avec celle rapportée par [25] qui est de 3798 Kcal/kg MS. Toutefois, l'EM d'environ 3750 Kcal/kg MS du maïs est plus élevée que celle de [17] (3450 Kcal/kg MS) et de [19] (3300 Kcal/kg MS). La composition chimique des ressources alimentaires est influencée par plusieurs facteurs tels que les facteurs environnementaux, les pratiques agronomiques, les conditions de stockage [5]. Cet auteur en signalant que la composition chimique varie d'une région à une autre et d'une variété à une autre, rapporte que le maïs brésilien titre 7,2 % de protéines brutes (PB) et 3495 Kcal/kg MS d'EM ; le maïs argentin titre 8 % de PB et 3453 Kcal/kg MS et le maïs sénégalais titre 10 % de PB et 3383 Kcal/kg MS. De même, les travaux menés par [16] au Bénin ont montré que les grains de maïs local de variété « gbogboé » contiennent 3632,89 Kcal/kg MS d'EM contre 3540,67 Kcal/kg MS d'EM pour les grains de maïs blanc DMR.

#### **4-2. Métabolisme des grains de céréale chez les coquelets**

En nutrition, un aliment ne remplit son rôle que si l'animal le mange et le digère [3]. C'est pourquoi des études de digestibilité *in vivo* sont menées afin de mieux appréhender le pourcentage d'utilisation des éléments nutritifs (matière organique, acides aminés, matière grasse et énergie métabolisable) absorbés au niveau du tube digestif et qui constituent la fraction utilisable pour le métabolisme de l'animal [1]. La digestibilité est donc une notion quantitative qui se traduit par le coefficient d'utilisation digestive (CUD) ou coefficient de digestibilité (CD) [1]. Chez la volaille en général, il s'agit d'un métabolisme car les fèces et les urines sont évacuées ensemble dans les fientes par le même orifice qu'est le cloaque. A part les travaux de INRA, de NRC, de EGRAN qui ont abouti à des tables de composition nutritionnelle des matières premières, très peu d'études ont réalisé des études de digestibilité *in vivo* en soumettant les poulets à un régime à base de ressources alimentaires concentrées servies seules. Par conséquent, la documentation est peu fournie en matière de digestibilité des ingrédients alimentaires chez la volaille. En conséquence, cette discussion s'est appesantie sur des résultats des études ayant porté sur la digestibilité apparente de différentes composantes des aliments composés de plusieurs ingrédients. Les CUDa élevés de la MS (86,1 - 90,4 %) et de la MO (87 - 91,2 % MS) enregistrés pour les cinq TGC pourrait s'expliquer par la faible teneur en CB (1,89 - 2,80 % MS) des grains de céréale évalués et leur pauvreté en facteurs antinutritionnels. En effet, selon [25], une ressource alimentaire concentrée, comme les céréales, est généralement bien digérée par tous les animaux, sauf en cas de perturbation par un facteur antinutritionnel. En général, la digestibilité de la MO d'un aliment donne un aperçu global sur sa valorisation qui doit être approfondi en évaluant la digestibilité de ses différents composants tels que la PB, la MG et la CB. Les CUDa PB des cinq TGC ont varié de 66,3 à 74,2 % MS et l'analyse statistique a montré que les PB des grains de céréale testés sont digérées de manière similaire par les coquelets. De pareils résultats ont été trouvés par [28] qui ont eus des CUDa PB respectifs de 63,3 % MS et 66,9 % MS chez des poulets adultes nourris avec aliments complets comportant 91 % de maïs grain et 85,5 % de sorgho grain. Ces valeurs du CUDa PB se rapprochent

de celles (64,44 - 73,82 % MS) enregistrés par certains auteurs [29 - 31] chez les poulets, avec des aliments composés contenant environ 54 % de grains de céréale. Par contre, cette digestibilité de la PB des TGC est largement en dessous des 87 % MS trouvés par [32] qui ont utilisé un aliment composé contenant 56 % de maïs grain. Cette faible digestibilité protéique enregistrée chez les coquelets pourrait s'expliquer par la présence des facteurs antinutritionnels (phytase, tannin, inhibiteurs d'enzymes, etc) qui réduisent la digestibilité protéique chez la volaille, comme l'ont montré les travaux de [33]. Les résultats obtenus indiquent que la digestibilité de la MG (44,5 - 83,2 % MS) chez les coquelets a considérablement varié en fonction du TGC. Le CUDa MG élevé (83,20 % MS) obtenu avec le maïs jaune montre que les graisses contenues dans ces grains sont les mieux digérées par les coquelets. Cette différence dans la digestibilité apparente de la MG des TGC testés pourrait s'expliquer par la nature des lipides contenues dans ces grains de céréale. En effet, les travaux de [34] ont montré que plus l'aliment est riche en acides gras insaturés, mieux, il est digéré par le poulet. Or, le maïs contient des niveaux relativement élevés d'acides gras polyinsaturés (très digestibles), essentiellement 55,8 % d'acide linoléique [35]. Les résultats de cette étude sont très faibles comparativement aux CUDa MG de 91 % MS et de 94 % MS rapportés par [32] et [36] qui ont utilisés des aliments composés contenant respectivement 56 % et 59 % de maïs grain pour nourrir des poulets en croissance. Par ailleurs, le plus faible CUDa MG enregistré avec le sorgho rouge (44,47 % MS) serait probablement dû à la faible teneur de ce TGC en MG (2,3 % MS) puisque les résultats de [34] montrent que la digestibilité de la MG se dégrade pour les aliments moins pourvus en MG.

Concernant la digestibilité de la CB des grains de céréale, elle correspond à celle des fibres car la cellulose constitue la majeure partie des fibres alimentaires des grains de céréale [36]. La digestibilité de la CB des cinq TGC testés est située entre 32 et 77 % MS et montre que les poulets ont pu digérer une assez bonne partie des fibres brutes contenues dans le maïs, le sorgho et le mil. Ce résultat pourrait résulter des faibles teneurs des cinq TGC en CB (1,9 - 2,8 % MS). En effet, la volaille n'arrive pas à bien digérer les aliments à haute teneur en fibres car les fibres ne sont pas hydrolysées par les poulets faute d'enzymes digestives spécifiques [26]. Les travaux de [29] ont indiqué un CUDa CB de 22,15 % MS, très faible par rapport aux valeurs obtenues dans la présente étude. En revanche, d'autres auteurs [30, 31] ont eu des valeurs de digestibilité de la CB d'aliments contenant 54 % de céréales proches de celles obtenues avec les cinq TGC testés. La digestibilité de la CB des grains de maïs (77 % MS) s'est révélée plus élevée que celle des autres TGC. Ce résultat pourrait être dû à la nature des fibres composant chaque TGC puisque le péricarpe et les composants structurels de la paroi cellulaire représentant les fibres des grains de céréale ont une dureté variable d'une céréale à une autre [35]. De l'évaluation de la valeur nutritive des cinq TGC faite lors de cette étude, il se dégage que les nutriments des grains de céréale que sont maïs jaune, maïs blanc, sorgho rouge, sorgho blanc et mil, sont bien digestibles chez les coquelets. Toutefois, le maïs jaune se révèle être le TGC le mieux digéré par les coquelets. Les grains de maïs jaune pourraient donc influencer différemment les paramètres biochimiques de ces oiseaux.

#### **4-3. Assimilation biochimique des nutriments des grains de céréale chez les coquelets**

La présente étude a utilisé une approche d'alimentation des coquelets avec un régime exclusif aux grains de céréale d'Afrique de l'Ouest, dans le but de connaître les valeurs réelles des paramètres biochimiques hépatiques induits par chacun de ces TGC. Les résultats montrent que la glycémie, la protéinémie totale, la cholestérolémie totale et la triglycéridémie sont similaires pour tous les coquelets avant l'alimentation aux TGC. Chez ces coquelets, le glucose, les protéines totales, le cholestérol total et les triglycérides ont varié respectivement de 2 - 2,19 g/L ; 24,55 - 39,20 g/L; 1,86 - 2,02 g/L et 0,12-0,23 g/L au début de l'essai. Ces concentrations concordent avec celles trouvées par certains auteurs [7, 8, 36, 37] qui ont nourris les poulets avec des aliments complets comportant environ 52 à 55 % de grains de céréale.

Dans le cas de cette étude, les TGC n'ont pas influencé statistiquement les concentrations en glucose, en cholestérol total et en triglycérides dans le sang des coquelets. Par contre, après l'alimentation exclusive aux cinq TGC, la protéinémie totale enregistrée variant de 31,8 à 38 g/L a augmenté sensiblement chez tous les coquelets. Toutefois, ces valeurs restent inférieures à celles (39 - 56 g/L) obtenues dans plusieurs études qui ont testés des aliments complets à base de ressource locales disponibles en Afrique de l'Ouest [38 - 40]. En effet, la protéinémie totale de 84,5 g/L enregistrée par [37] est plus élevée que celle obtenue dans cette expérimentation. Cette différence serait probablement liée à la richesse en matière azotée totale de l'Okara et de la farine de manioc utilisés par ces auteurs pour nourrir les poulets expérimentaux. Par contre, la teneur en protéines totales de 24,4 g/L obtenue par [41] est plus faible que les valeurs enregistrées. Cette étude montre par ailleurs que la synthèse de protéines totales dans le sang est plus importante (37,98 g/L) chez les coquelets soumis au maïs jaune, quoique la différence ne soit pas significative. Ceci se justifierait par la propriété antioxydante plus élevée que possède le maïs jaune et qui intervient dans la synthèse des protéines. En effet, le maïs jaune contient une quantité élevée d'antioxydants que sont les caroténoïdes (bêta-carotène), les xanthophylles (lutéine et Zéaxanthine) et les composés phénoliques qui lui confère un pouvoir neutralisant plus élevé des radicaux libres très nuisibles pour la santé [42]. Or les radicaux libres oxydent les protéines et les acides aminés en formant des produits carbonylés ou hydroxylés qui entraînent une altération des protéines totales [43]. Cependant, les concentrations sériques des protéines totales obtenues après consommation des TGC (35 - 38 g/L) ne s'éloignent pas de celles (25 - 45g/L) indiquées par [8, 9]. Ces résultats démontrent que l'alimentation exclusive aux grains de céréale n'altère par l'état de santé des poulets puisque que les protéines plasmatiques totales constituent un paramètre couramment utilisé pour juger de l'état de santé des animaux [44].

Les résultats montrent aussi que la cholestérolémie totale des coquelets est influencée par la consommation exclusive des TGC, en particulier le maïs jaune. Les concentrations sériques du cholestérol (1,65 - 1,74 g/L) ont diminué chez tous les coquelets, quel que soit le TGC auquel ils ont été soumis. Comparées aux concentrations sériques avant alimentation (1,86 - 2,02 g/L), les concentrations ont diminué en moyenne d'environ 13 % chez les coquelets de tous les TGC. Ceci pourrait être lié à la propriété hypocholestérolémiant que possèdent les fibres alimentaires contenues dans les grains de céréale et bien documentée dans la littérature. En effet, les coquelets ont consommé des grains de céréales entiers, donc avec leur enveloppe extérieure très riches en fibres ainsi que leur germe ; ce qui a pour atout de faire baisser le taux de cholestérol comme le signale [45]. Cette probable explication est confirmée par le fait que les fibres alimentaires en piégeant les molécules lipidiques dont le cholestérol, participent à la régulation de ce dernier [45]. Cette stratégie alimentaire peut donc être utilisée pour améliorer la carcasse des poulets de chair en finition. Les valeurs de la cholestérolémie totale enregistrée chez les coquelets au cours de notre expérimentation sont plus faibles que celles trouvées par [39, 41]. En effet, [41] ayant testés un aliment complet comportant 55 % de grain et son de maïs sur des poulets, rapportent une valeur de cholestérolémie totale de 4,6 g/L. de même, [39] rapporte des teneurs en cholestérol total de 3,33 g/L et de 2,30 - 3,27 g/L chez des poulets ayant été nourris respectivement par des aliments composés contenant respectivement 56 % de maïs grain et 56 % de plusieurs variétés de sorgho. Le glucose, les protéines totales, le cholestérol total et les triglycérides retrouvés dans le sang des coquelets ne sont que le résultat des métabolismes protéique, glucidique et lipidique qui ont eu lieu dans leurs organismes, après la consommation des grains de céréales testés. Ces résultats donnent un aperçu général sur l'assimilation biochimique des composés nutritifs des grains de céréale usuels d'Afrique de l'Ouest chez les coquelets. Ils sont très utiles aussi bien pour les chercheurs que les autres acteurs des filières avicoles qui recherchent les données techniques nécessaires pour la formulation d'aliments efficaces.

## 5. Conclusion

Au terme de cette expérimentation, nous pouvons dire que la valeur alimentaire du maïs, du sorgho et du mil a été déterminée chez les coquelets pour une première fois au Bénin. Il ressort que les cinq TGC évalués présentent relativement une analogie de valeur nutritive qui ne s'écarte pas de celle des grains de céréale en général. De même, cette étude qui est une première montre que les coquelets ont une bonne digestibilité métabolique des nutriments du maïs, du sorgho et du mil. L'évaluation de la valeur alimentaire de ces grains de céréale faite au cours de la présente étude amène à considérer, le maïs jaune comme le type de grain de céréale à préférer dans l'alimentation des poulets. Enfin, les concentrations des paramètres biochimiques sériques hépatiques de cette étude indiquent que les grains de céréales complets réduisent la cholestérolémie chez les coquelets. Ils peuvent ainsi être utilisés chez les poulets de chair en phase finition pour des carcasses plus pauvre en cholestérol.

## Remerciements

*Les auteurs remercient le Projet RAPA-Bénin financé par FRNSIT/MESRS pour l'appui financier de cette étude doctorale qui entre dans le cadre de l'établissement de table nationale de composition nutritionnelle des ressources alimentaires concentrées pour poulets.*

## Références

- [1] - I.N.R.A., Alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles. 2<sup>ème</sup> Edition, revue et corrigée, INRA France, (1989) 282 p.
- [2] - I.N.R.A., Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins caprins, lapins, chevaux, poissons. 2<sup>ème</sup> Edition révisée, INRA France, (2004) 301 p.
- [3] - L. MAERTENS, J. M. PEREZ, M. VILLAMIDE, C. CERVERA, T. GIDENNE and G. XICCATO, Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables. *World Rabbit Sci.*, 10 (2002) 157 - 166
- [4] - G. COTHENET et D. BASTIANELLI, Les matières premières disponibles pour l'alimentation des volailles en zone chaude, in "*Production de poulets de chair*", Ed. ITAVI, Paris, (1999) 112 p.
- [5] - H. ARCHIMEDE, D. BASTIANELLI, M. BOVAL, G. TRAN et D. SAUVANT, Ressources tropicales : disponibilité et valeur alimentaire. *INRA Prod. Anim.*, 24 (1) (2011) 23 - 40
- [6] - A. H. AKINMUTIMI, Evaluation of sword bean (*Canavalia gladiata*) as an alternative feed resource for broiler chickens, Ph.D. Thesis, University of Agriculture, Umudike, Nigeria, (2004) 102 p.
- [7] - M. A. THRALL, G. WEISER, R. ALLISON and T. CAMPBELL, Clinical chemistry of common non domestic mammals, birds, reptiles, fish and amphibians, in "*Veterinary haematology and clinical chemistry*". Second Edition, (2012) 569 - 614
- [8] - M. HOCHLEITHNER, Biochemistries, in : "*Avian medicine online, by Harrison's bird foods*", (2013) 223 - 245
- [9] - A.O.A.C., Official Methods of Analysis. Association of official agricultural chemist (18 Ed), Washington, DC, USA, (2000) 66 - 89
- [10] - W. M. M. A. JANSSEN, K. TERPSTRA, F. F. E. BEEKING and A. J. N. BISALKY, Feeding values for poultry. 2nd ed. Mededeling. Spelderholt Institute for Poultry Research, Beekbergen, Netherlands (1989)
- [11] - B. CARRE et E. ROZO, La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviculture. *INRA. Prod.Anim.*, (3) (1990) 163 - 169

- [12] - R. CORE TEAM, A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, (2018) <http://www.R-project.org/>
- [13] - F. MENDIBURU, *Agricolae : Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-8, (2017) <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- [14] - C. M. NAGO, La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Bénin : Détermination des caractéristiques physicochimiques des variétés en usage ; relations avec l'obtention et la qualité des principaux dérivés, Thèse d'Etat, Université du Bénin (1997) 262 p.
- [15] - S. S. TOLEBA, G. A. MENSAH, C. G. T. ZOUGOU, B. CODJO, G. N. KPERA et S. C. B. POMALEGNI, Inventaire des ingrédients alimentaires simples et composés utilisés pour nourrir l'aulacode d'élevage au sud et au centre du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, (57) (2007)
- [16] - F. M. HOUNDONOUGBO, A. CHWALIBOG and C. A. A. M. CHRYSOSTOME, Is the nutritional value of grains in broiler chickens' diets affected by environmental factors of soybean (*Glycine max*) growing and the variety of maize (*Zea mays*) in Benin? *Livestock Research for Rural Development* 21 (2) (2009)
- [17] - S. B. AYSSIWEDE, C. CHRYSOSTOME, W. OSSEBI, A. DIENG, L. HORNICK et A. MISSOHOU, Utilisation digestive et métabolique et valeur nutritionnelle de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn.) incorporée dans la ration alimentaire des poulets indigènes du Sénégal. *Revue Méd. Vét.*, 161 (12) (2010) 549 - 558
- [18] - N.R.C., *Nutrient Requirements of poultry*, ninth revised edition. Ed National Academy Press, Washington, (1994) 176 p.
- [19] - D. BOURDON, C. FEVRIER, J. M. PEREZ, F. LEBAS, B. LECLERCQ, M. LESSIRE et B. SAUVEUR, Composition des matières premières, in "*Alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins volailles*", Ed. INRA, Paris (1984) 146 - 271
- [20] - D. SAUVANT, J. M. PEREZ et G. TRAN, Table de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2<sup>ème</sup> édition revue et corrigée, Ed. INRA, Paris, (2004) 301 p.
- [21] - A. J. SMITH, L'élevage de la volaille, in "*Les techniques d'agriculture tropicale*", (1-2) (1997) 368 p.
- [22] - M. LARBIER et B. LECLERCQ, *Nutrition et alimentation des volailles*. Ed. INRA, France, (1992) 355 p.
- [23] - J. C. FAVIER, Valeur alimentaire de deux aliments de base africains: le manioc et le sorgho. Ed. ORSTM, Paris, (1989) 118 p.
- [24] - M. WALUGEMBE, STALDER, J. KENNETH, M. F. ROTHSCCHILD and M. E. PERSIA, Effect of High Fiber Ingredients on the Performance, Metabolizable Energy and Digestibility of Broiler and Layer Chicks, *Animal Industry Report* (2015) 661
- [25] - B. ANSELME, L'alimentation composée pour volaille au Sénégal : Situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales, Thèse Vétérinaire, Université de Toulouse, (1987) 103 p.
- [26] - J. WISEMAN, N. T. NICOL and G. NORTON, Relationship between apparent metabolizable values and in vivo : in vitro starch digestibility of wheat for broilers. *World's Poultry Sci.*, 56 (2000) 305 - 318
- [27] - V. RAVINDRAN, G. SELLE, G. RAVANDRAN, P. C. H. MOREL, A. K. KIES and W. L. BRYDEN, Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poult. Sci.* 80 (2001) 338 - 344
- [28] - E. A. IYAYI and O. ADEOLA. Standardized ileal amino acid digestibility of feedstuffs in broiler chickens. *Europ. Poult. Sci.*, 78 (2014) 54
- [29] - L. A. TIJANI, A. M. AKANJI, K. AGBALAYA and M. ONIGEMO, Effects of *Moringa oleifera* Leaf Meal on Performance, Nutrient Digestibility and Carcass Quality of Broiler Chickens. *Applied Tropical Agriculture*, 21 (1) (2016) 46 - 53

- [30] - T. E. LAWAL, S. G. ADEMOLA, A. A. OWOSENI, O. E. ATOBATELE and P. O. ASUELIMEN, *Aspergillus flavus* Degraded Brewer Dried Grains for Broiler Chicken Diet: Performance and Nutrient Digestibility Parameters. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 11 (1) (2016) 1 - 8
- [31] - E. K. NDELEKWUTE and G. E. ENYENIHI, Lime Juice as a Source of Organic Acids for Growth and Apparent Nutrient Digestibility of Broiler Chickens. *J Vet Med Surg*, (1) (2017) 1
- [32] - A. FAS, O. A. ADEYEMI, O. B. OLUWOLE, O. O. OLADUNMOYE and O. Y. AYO-AJASA, Effects of Treated Banana Peel Meal on the Feed Efficiency, Digestibility and Cost Effectiveness of Broiler Chickens Diet. *J Vet Sci Anim Husb*, 3 (1) (2015) 101
- [33] - G. S. GILANI, K. A. COCKELL and E. SEPEHR, Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *J.A.O.A.C. Int.*, 88 (2005) 967 - 987
- [34] - J. P. METAYER, P. LESCOAT, D. BASTIANELLI, I. BOUVAREL, Y. FOURNIS et M. VILARIÑO, Facteurs de variation de la digestibilité des nutriments chez le poulet : synthèse des résultats du projet DIGSPIR, in "Onzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras", Tours, (2015) 504 - 508
- [35] - R. ALLANONTO, Alimentation séparée ou mélangée à base de maïs chez le poulet de chair en saison fraîche au Sénégal. Thèse de Docteur Vétérinaire, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal, (2011) 131 p.
- [36] - P. C. AGUIHE, B. O. FATOKUN, A. S. SAMUEL, K. U. E. O. AGUIHE and P. O. OSAGUONA, Growth Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens Fed Diet with Graded Levels of Local Processed Groundnut Cake Meal as Replacement for Soybean Meal. *Inter J Agri Biosci*, 2 (5) (2013) 256 - 259
- [37] - A. F. A. SILAS, O. B. OLUWOLE, G. N. ELEMOMO, A. O. AJAYI, A. IMADE, B. B. SARUMI, J. ONYIBE, O. M. MAYAKI, F. ODEDIRAN, K. K. EBUN, H. C. EGBAI, A. O. OGUNJI, G. ASIEBA, O. L. ERUKAINURE and O. A. ADEYEMI, Growth Performance, Nutrient Digestibility and Haematology of Broiler Chickens Fed Varying Levels of Okara and Cassava Peel Meal. *International Journal of Molecular Veterinary Research*, 4 (2) (2014) 56 - 66
- [38] - T. ALUWONG, M. K. LAWAN, F. O. ABDUSALAWU, A. SULEIMAN and L. S. YAQUB, Microbial Assessments of Bulk Milk Before and After Pasteurization in Two Different Dairy Farms in Zaria, Nigeria. *International Journal of Dairy Science*, 7 (2012) 103 - 108
- [39] - I. D. KWARI, B. SALEH, S. S. DIARRA, T. MKIGHIR and M. J. UMANAH, Nutrient digestibility and carcass characteristics of broiler chickens fed different cultivars of sorghum replacing maize in the semi-arid zone of Nigeria. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, 1 (9) (2011) 578 - 581
- [40] - D. A. OLOGHOBO, I. O. ADEJUMO, T. OWOEYE and E. AKANGBE, Influence of mistletoe (*Viscum album*) leaf meal on growth performance, carcass characteristics and biochemical profile of broiler chickens, *Food and Feed Research*, 44 (2) (2017) 163 - 171
- [41] - F. E. SOLA-OJO, A. A. ANNONGU, T. R. FAYEYE, A. H. A. BADMOS, D. I. IBIWOYE and N. A. FURO, Effects of feeding processed Baobab (*Adansonia digitata*) seed on the heamatology and serum biochemistry of broiler chicks, *Ife Journal of Science* (18) (2016) 4 - 9
- [42] - R. C. HOSENEY, Principles of cereal science and technology, in "2<sup>nd</sup> edition of American Association of Cereal Chemists", Inc. St-Paul, (1994) 378 p.
- [43] - K. K. ADOM and R. H. LIU, Antioxydant activity of grains. *J Agric Food Chem.*, 50 (21) (2002) 6182 - 7
- [44] - A. PIOTROWSKA, K. BURLIKOWSKA and R. SZYMECZKO, Changes in blood chemistry in broiler chickens during the fattening period. *Folia biologica (Krakow)*, 59 (3-4) (2011) 183187
- [45] - F. ROBIN, C. THÉODULOZ and S. SRICHUWONG, Properties of extruded whole grain cereals and pseudocereals flours. *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (10) (2015) 2152 - 2159