

Université
de Liège



*FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES
SERVICE DE NUTRITION DES ANIMAUX DOMESTIQUES*

Contribution à l'étude de l'alimentation de la pintade locale au Bénin, et perspectives d'améliorations à l'aide de ressources non conventionnelles



Contribution to the study of local guinea fowl feeding in Benin and prospects for improvements with unconventional feedstuffs

Mahamadou DAHOUDA

*THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR EN
SCIENCES VETERINAIRES – ORIENTATION SANTE ET PRODUCTIONS
ANIMALES*

ANNEE ACADEMIQUE 2008-2009

A mon épouse, Mèmountatou
A mes filles, Nadia Gnon-Sako et Madjida Bona Nari
A mon fils, Moussa Arafate Orou Yorou

Remerciements

Je tiens à remercier très sincèrement toutes les personnes ayant contribué de manière directe ou indirecte à la réalisation de ce travail. J'adresse à toutes et à tous mes reconnaissances pour votre soutien matériel, financier, moral et pour vos encouragements.

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde gratitude au Dr Jean-Luc HORNICK, promoteur de ce travail, tout d'abord pour avoir cru en moi. Au cours de cette formation doctorale, j'ai pu bénéficier de sa disponibilité, de son suivi rigoureux, de son soutien, de son immense gentillesse, de son expérience, de sa rigueur scientifique. Il a toujours répondu promptement à toutes mes sollicitations. Il m'a encouragé dans les moments difficiles. J'ai été particulièrement très touché par sa simplicité et ses qualités humaines. Qu'il trouve ici le témoignage de ma plus vive reconnaissance.

Qu'il me soit permis d'exprimer toute ma profonde gratitude au Dr. Soumanou SEIBOU TOLEBA, Maîtres Assistant des Universités de la Faculté des Sciences Agronomiques du Bénin, co-promoteur de cette thèse. Il m'a encouragé et soutenu inlassablement ma candidature à cette formation doctorale. Malgré ses hautes fonctions administratives et politiques, il a suivi de près la réalisation de ce travail. Il y a toujours consacré ses moments de repos pour faire le point d'avancement de ce travail. La pertinence de vos conseils, votre soutien, votre expérience scientifique ont été très déterminants pour l'aboutissement de ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance au Professeur Louis ISTASSE, qui a bien voulu m'accueillir dans son service pour la réalisation de cette thèse. Il a manifesté son intérêt pour le travail et m'a permis de le valoriser et de le finaliser. Je le remercie chaleureusement de sa confiance, de son soutien et pour tout ce qu'il fait pour moi durant mes séjours en Belgique.

J'adresse mes sincères remerciements au Dr Alain HAMBUCKERS et au Professeur Antoine CLINQUART, membres du comité de thèse, qui m'ont régulièrement suivi tout au long de la réalisation de ce travail. Les discussions enrichissantes et leur disponibilité ont été déterminantes dans la qualité de ce document.

J'assure le Dr Issaka YOUSAO de ma profonde et sincère reconnaissance. Cher ami, tu m'as balisé le chemin, guidé, soutenu. Je n'oublierai jamais ce que tu représentes pour moi dans ma vie. Infiniment merci à toi et à Adiza.

Ce travail a été rendu possible grâce au financement de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) et à la Coopération Technique Belge (CTB). Je tiens à leur exprimer ma profonde gratitude.

Je voudrais témoigner de ma profonde gratitude aux autorités Béninoises, en particulier à la Faculté des Sciences Agronomiques et à l'Université d'Abomey-Calavi qui m'ont autorisé à suivre cette formation doctorale.

Au sein de l'Université et de la faculté, j'ai bénéficié de l'aide et des encouragements de plusieurs membres du corps académique et de collègues. S'il m'est impossible de les citer tous, qu'il me soit permis d'exprimer ma reconnaissance et de rendre hommage aux docteurs Marcel SENOU, Claude ADANDEDJAN, Samuel Wahab CHABI, Christophe CHRYSOSTOME, Marcel HOUINATO, Séverin BABATOUNDE, Sébastien ADJOLOHOUN, René NONFON, Florian DAGA, Armand GBANGBOCHE, Frédéric HOUNDONOUGBO, Valentin KINDOMIHOU, au Prof. Sylvie ADOTE et aux Mrs Emmanuel DEKA, Evariste AÏSSI, Aristide ADJOVI, Venant HOUNDONOUGBO, tous du Département des Productions Animales de la FSA, pour leur soutien et leur contribution de diverses manières. Je ne pourrai jamais oublier les prières et les encouragements de Madame Marie-Ange GBAGUIDI, je lui exprime mes sincères remerciements. Mes remerciements sont aussi adressés à Madame Rose SEGBO et aux Mrs Appolinaire EFFIO et Nestor KOSSI pour leur collaboration.

A tous les enseignants et personnel non enseignant du Département de Santé et Productions Animales de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (Bénin), je vous remercie pour m'avoir soutenu.

Je remercie tous les amis de l'Université d'Abomey-Calavi et particulièrement le Dr. Esaïe Gandonou, Dr. Alassane Karim, Dr. Madjide Oumarou, Dr. Michel Sezonlin, Madame Ruffine Sèdjamè, Madame Rosaline Worou-Houndékon, Mr. Théophile Odjo, Mr Clément Gbéhi, Dr. Paulin Azokpota, François Dossouhoui....

Je remercie très sincèrement le Dr Isabelle Dufrasne pour son soutien et ses encouragements et aussi pour avoir accepté de me loger sur la ferme d'expérimentation de la faculté au cours de mes séjours en Belgique. Je remercie aussi tout le personnel de la ferme pour les bons moments que j'ai partagé avec lui.

Je tiens à remercier Olivier et Christophe pour leurs aides précieuses aux analyses de laboratoire et aussi Marianne, Vincent, Emilie, Nicholas, Jean Gabriel pour la bonne humeur et le cadre agréable de travail qu'ils m'ont fait partager au Service de Nutrition.

Mon Oncle IBRAHIMA Boukari et son épouse ont joué un rôle capital au cours de mon cursus scolaire. Je leur dis sincèrement merci pour leur patience, leur soutien, leur amour, leurs prières et pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

Mes études universitaires à Cotonou ont été possibles grâce à la bonté, à la magnanimité, à la gentillesse et au sens de l'humanité d'Ali ISSAKA. Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance. Je n'oublierai jamais les bons moments que j'ai partagés avec Ousmane et Inoussa. Merci pour votre soutien. Je témoigne ma profonde reconnaissance à toute la famille Issaka et Dango résidant en Belgique et particulièrement aux sœurs Mèmounatou et Abiba.

Je me dois de rendre hommage à des collaborateurs de grande qualité qui ont été très déterminants pour la réalisation de ce travail. Il s'agit des Ir MAMA ALI Ahmed, AHOUNOU Serge, DANGOU Rodrigue et tous les étudiants (Sallou, Sidikou, Daniel, Victor, Nafiou, Akilou, Nasif, Habib...) qui ont participé avec beaucoup de motivation aux divers travaux de recherches.

La contribution de l'Agence Universitaire de la Francophonie pour la réalisation de ce travail est vivement appréciée. Mes remerciements sont aussi adressés au Centre de la Coopération au Développement de l'Université de Liège (CECODEL) qui, à travers la fondation Alice Seghers, m'a apporté une aide sociale.

Je remercie Bani Bio et Bio Tabé ainsi que leur épouse pour leur amitié indéfectible. Les familles Bani Bio et Yarou Kora Alain m'ont toujours chaleureusement accueilli et ont rendu mes séjours très agréables lors des collectes des données à Parakou. Je tiens aujourd'hui à leur exprimer ma profonde reconnaissance. Je ne peux jamais oublier tous les autres amis de ma promotion à Kérou qui m'ont également soutenu et encouragé : Gouro Sabi Toko, Orou Sabi, Adam et Alidou Gonni, Somou Madougou, Claude Djodi, ... Un grand merci à vous tous.

C'est l'occasion de rendre hommage à mes aînés de Kérou qui m'ont beaucoup encouragé et soutenu inlassablement au cours de cette formation. Je pense particulièrement aux Mrs Gounou Hubert, Orou Boun Sé Bouro, Moumouni Adam Bagri, Amadou Zimé, Bio Orou Kérou, Alassane Lafia...

J'adresse à Mora Bio et son épouse ma sincère reconnaissance pour les aides financières portées à ma famille pendant mes absences à Cotonou.

Je témoigne ma profonde gratitude au Dr. DOKO ALLOU Sanni.

Je voudrais aussi exprimer mon amitié à BOKO Cyrille, son épouse et à toute la famille BOKO. Merci pour vos prières. Cyrille, merci pour ta disponibilité et tes aides.

Toute la communauté Béninoise résidant en Belgique et particulièrement à Liège m'a soutenu de diverses manières. C'est le moment d'exprimer à toutes et à tous ma profonde gratitude. Je fais un clin d'œil spécial à Shifaou (tes coups de main ont été très bénéfiques pour l'avancement de la rédaction de mon manuscrit). Mes remerciements s'adressent également à Sylvestre, Corrado, Thierry.....

Les éleveurs de pintade de la région de Parakou et particulièrement Mr Simbia ont spontanément adhéré à ce projet de recherche tant est que la problématique de développement de la mélagriculture est une préoccupation pour nous tous. J'espère que nous avons pu réaliser un pas en posant les bases de la réflexion. Qu'ils en soient remerciés pour leur disponibilité, leur soutien et leur motivation au cours des travaux de terrain.

J'ai parcouru ce chemin ensemble avec des amis, Elie Montchowui et Toussaint Loubégnon. Leurs aides et soutien ont été déterminants au cours de cette aventure. Qu'ils soient remerciés pour leur franche collaboration.

Je remercie chaleureusement Andréa Cefis et Isidore Zongo pour leur amitié et leur soutien.

Je voudrais aussi remercier tous les lecteurs anonymes qui ont contribué à l'amélioration de la qualité des articles publiés dans les différentes revues scientifiques.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir consacré leur temps et leur compétence à la lecture critique de ce travail.

J'ai un profond souvenir pour les regrettés Bruno Michiels et André Buldgen, qui m'ont donné l'opportunité de travailler dans les projets FSA/ATS/DPA et FSA5. Leur passage au Bénin restera gravé dans nos mémoires.

Je voudrais aussi exprimer mes sincères remerciements à Didier Woirin pour sa contribution précieuse.

Je ne peux terminer sans remercier les familles MOUSSA et DAHOUDA, pour leur soutien moral, leur patience et leur sacrifice.

Résumé

Summary

Résumé

Cette étude propose des voies d'amélioration de l'alimentation de la pintade locale à l'aide de ressources alimentaires non-conventionnelles au Bénin.

La première partie de ce travail fait le point sur l'utilisation des ressources alimentaires non-conventionnelles et particulièrement des graines de *Mucuna spp.* dans l'alimentation de la volaille. Elle envisage le contexte de leur utilisation, leurs valeurs nutritionnelles ainsi que les contraintes liées à leur valorisation avant d'envisager les effets des diverses techniques de traitement sur la réduction des teneurs en diverses substances toxiques et sur leur composition chimique.

La seconde partie porte sur l'étude des élevages traditionnels et les compare à une forme d'élevage contrôlé en station. Au Bénin, comme dans la plupart des pays au Sud du Sahara, l'élevage traditionnel de la volaille est caractérisé par un système extensif peu productif et divagant, où les animaux se nourrissent essentiellement sur les parcours. Ils disposent d'abris sommaires et exigus et ne bénéficient ni de programmes de prophylaxie sanitaire ni d'une alimentation adaptée. Toutefois, certains éleveurs distribuent en supplément des céréales ou d'autres ressources non conventionnelles. Dans ces conditions, les performances pondérales des pintades ont été de 1121 ± 100 g à six mois d'âge. En milieu contrôlé, c'est-à-dire où les animaux étaient logés en permanence, nourris à l'aide d'une provende formulée, séparés par sexe et vermifugés, le poids moyen à âge identique des mâles a été de 1151 ± 108 g contre 1085 ± 74 g pour celui des femelles. Dans les élevages traditionnels, les animaux vermifugés ont présenté une supériorité pondérale (1221 ± 107 g) par rapport au groupe non traité (1007 ± 31 g). Les performances de croissance des oiseaux élevés en milieu contrôlé n'ont pas été meilleures comparativement aux pintades du milieu rural, bien que les aliments utilisés en milieu contrôlé aient été conformes aux normes de la littérature. L'étude des performances de reproduction dans le milieu rural et en milieu contrôlé situe l'âge des femelles à la première ponte entre 7 et 9 mois avec un poids moyen de 1220 ± 97 g. Les pontes sont hivernales et les couvées sont réalisées dans 95,5 % des cas par les poules avec un nombre moyen de 14 ± 4 œufs incubés par poule et un taux global d'éclosion de 70 % pour une durée moyenne d'incubation de 26 jours. La chute de la probabilité de survie a été la plus importante durant les 50 premiers jours de vie au cours desquels un taux de mortalité de près de 50 % a été observé. Malgré donc son importance économique, nutritionnelle et sociale, l'élevage traditionnel de pintade au Bénin reste peu productif en raison

de nombreuses contraintes incluant une forte mortalité juvénile, diverses pathologies, la prédation, le climat, le logement et une alimentation inadéquate.

La troisième partie fait l'inventaire du régime alimentaire des animaux divaguant, par analyse du contenu de jabot. Elle a ainsi permis de préciser la composition de la ration journalière de ces animaux, y compris la complémentation reçue par les éleveurs afin d'optimiser la production. Les ingrédients trouvés dans les jabots ont été identifiés et regroupés en six catégories principales à savoir : la supplémentation, les graines des végétaux de parcours, leurs feuilles, les produits animaux, les minéraux et les éléments non identifiés. La quantité et la proportion des suppléments et des graines des végétaux n'étaient pas significativement différentes entre les saisons tandis que celles des feuilles de végétaux, des produits animaux et des minéraux étaient plus élevées au cours de la saison des pluies. Les suppléments, en occurrence le maïs et le sorgho, étaient les composants majoritaires au cours des deux saisons. Les graines de végétaux les plus consommés provenaient de *Panicum maximum* (saison des pluies) et de *Rottboellia cochinchinensis* (saison sèche). Les teneurs des contenus de jabot en matière organique, extractif non azoté, et en énergie métabolisable étaient plus élevées en saison sèche, par contre les concentrations des minéraux étaient plus élevées en saison pluvieuse. Aucune différence n'a été notée entre les deux saisons en termes de matière sèche, protéines brutes et en fibres brutes. L'identification et la quantification des différents composants alimentaires, ainsi que la détermination de la composition chimique et de la valeur alimentaire des aliments ingérés par les pintades au cours de la divagation a mis en évidence des déficits structurels mais également conjoncturels liés aux variations saisonnières de la qualité, de la disponibilité ou de l'accessibilité des aliments pendant certaines périodes de l'année. Des corrections adéquates pour améliorer la production de la pintade en milieu villageois ont ainsi pu être proposées. Les graines de mucuna, en raison de leur composition nutritive, ont été proposées comme élément de solution à ce problème.

La quatrième étude a été réalisée afin d'évaluer l'effet de deux traitements de base (chaleur humide et chaleur sèche) sur la teneur des facteurs anti-nutritionnels, la composition chimique et la digestibilité des graines de mucuna. Les traitements thermiques ont amélioré les teneurs en protéines tandis que les taux de fibres brutes ont été réduits. Les teneurs en L-dopa, principal élément toxique de la graine de mucuna, ont augmenté en fonction du taux d'incorporation de la graine. Une réduction significative de 52 % du taux de la L-Dopa a été constatée dans les graines bouillies par rapport à celles qui ont été toastées. Le traitement thermique a influencé significativement la digestibilité des nutriments, excepté celle de la matière grasse. Il en a été

conclu que les graines de mucuna traitées adéquatement peuvent être utilisées pour nourrir la pintade.

La cinquième étude a porté sur l'utilisation des graines de mucuna et des feuilles et cossettes de manioc sur les performances de croissance et la qualité de la viande des pintades. Des effets dépressifs sur la croissance des pintades et une réduction drastique de la consommation alimentaire ont été notés dans les groupes recevant des graines de mucuna crues. Le poids moyen de la carcasse ainsi que les différents morceaux de la découpe ont été significativement plus faibles que dans le groupe témoin. Cependant, la production de viande a été similaire entre les groupes témoin et ceux ayant reçu la graine de mucuna bouillie. Une augmentation significative du poids du gésier a été observée dans les lots ayant reçu les aliments contenant le mucuna traité, ainsi qu'une réduction du poids moyen des foies des animaux recevant des graines de mucuna crues. L'incorporation des graines dans la ration n'a toutefois pas modifié la qualité de la viande, les valeurs de pH et de capacité de rétention d'eau ayant été similaires dans les 3 groupes. Les analyses des foies, des reins et des muscles n'ont pas révélé la présence de L-dopa.

Par ailleurs, les performances enregistrées chez des animaux recevant des feuilles et cossettes de manioc ont été significativement plus faibles par rapport à celles observées dans le groupe témoin. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée au niveau du poids des différents morceaux (blancs, ensemble cuisses-pilons, ailes) et du rendement de la carcasse, en fonction du lot. Aussi, la substitution du grain de maïs par les feuilles et les cossettes de manioc a permis de réduire le coût de production de la pintade. Ces ingrédients constituent aussi une opportunité pour réduire la concurrence entre l'homme et la volaille pour la consommation de maïs.

En conclusion, cette étude a montré qu'il est possible d'utiliser avec succès certaines ressources non-conventionnelles telles que le mucuna qui constitue une opportunité pour les pays pauvres et qui pourrait contribuer à l'amélioration de l'autosuffisance alimentaire à partir de ressources locales.

Summary

This study suggests ways of improvement of local guinea fowl feeding by unconventional resources in Benin.

The first part of this work reviews the use of unconventional feed resources, and particularly *Mucuna spp.* seeds, in poultry diets. This review focuses on the context of their use, their nutritional values as well as the constraints that hamper their upgrading before assessing the effects of various treatments on toxins levels and on chemical composition.

The second part of this study concerns the village poultry production systems, when compared to improved poultry production in station. In Benin, as in most of the countries in the South of Sahara, the village poultry production is characterized by an extensive system, in which birds have to scavenge to find most of their feed. They live in cramped houses and don't benefit either from disease prevention programs or from adapted feeding systems. However, farmers provide cereal grains or some unconventional resources. In these conditions, guinea fowl weight at six months was 1121 ± 100 g. In improved rearing, i.e. where animals were bred in houses, received complete diet, were separated by sex and received veterinary care, the mean weights at the same age were 1151 ± 108 g for males versus 1085 ± 74 g for females. In village chickens, birds that received vermifuge treatments were significantly heavier when compared to untreated ones (1221 ± 107 vs 1007 ± 31 g). Growth performances in improved conditions were similar to that obtained with the guinea fowls reared in village, although they received complete diets that were in accordance with guinea fowl requirements. In rural area and in station, the study on reproductive performance indicated the onset of the first laying between 7 and 9 months of age with a mean weight of 1220 ± 97 g. Eggs laying occurred in rainy season, and broods were performed at 95.5 % level by hens, the mean number of eggs brooded by hen being 14 ± 4 , with 70% hatching rate for 26 days of incubation duration. The decrease of cumulative survival probability was marked during the first 50 days of live during which a mortality rate of about 50 % was observed. In spite of its economic, nutritional and social importance, guinea fowl productivity in village area in Benin remains weak because of numerous constraints including keet mortality, diseases, predation, climate, housing and low feed supply.

The third part of the work studies scavenging guinea fowls crop contents, i.e., ingredients naturally found by the animals on the ground and supplement offered by the farmers. Ingredients

found in crops were identified and divided in six main categories including supplemental feed, seeds, green forages, animal materials, minerals and unidentified material. Amounts and proportions of supplemental feed and seeds were not significantly different between seasons, whereas those of green forage, animal materials and mineral matter were higher in rainy season. Supplemental feed, especially maize and sorghum, was the largest component of the crop content in both seasons. The most represented grass seeds were *Panicum maximum* (rainy season) and *Rottboellia cochinchinensis* (dry season). Dietary concentrations of organic matter, non-nitrogen extract and metabolisable energy were higher in the dry season, while mineral concentrations were higher in the rainy season. There were no significant differences between the two seasons in dry matter, crude protein or crude fibre. The identification and quantification of various feed ingredients, as well as the determination of chemical composition and nutritive value of ingredients ingested by scavenging guinea fowl allowed highlighting the structural and short-term deficiencies due to seasonal variations of diets quality and availability during the year. Adequate corrections to improve guinea fowl production in village area were so able to be proposed. *Mucuna* seeds could solve this problem because of its leguminous-type feed value.

The fourth study was carried out to evaluate the effects of two basic treatments (cooking and toasting) on anti-nutrients factor contents, chemical composition and digestibility of *mucuna* seeds. Heat treatments improved proteins content whereas that of crude fibre was reduced. Contents of L-dopa, the main anti-nutritional factor in *mucuna* seeds, increased according to seed level incorporation. L-dopa content was significantly reduced by 52 % in cooked seeds while toasting had no effect. Heat treatment improved significantly seed nutrients digestibility excepted that of the ether extract. It was concluded that when *mucuna* seed is adequately treated, it could be used in guinea fowl diet.

The fifth study concerned the effects of *mucuna* seeds and cassava leaf and cosses on guinea fowl growth and meat quality. Crude *mucuna* seeds had depressive effects on guinea fowl growth and feed intake. Mean carcass and cut-parts weights were significantly lower in control group. However, meat yield was similar between control and cooked seeds groups. The gizzard weights were significantly increased in processed seeds diets groups and liver weight reduction was noticed in birds fed on raw *Mucuna* seed. *Mucuna* seed did not alter meat quality as assessed by the pH and water holding capacity measurements. L-Dopa analyses in liver, kidneys and breast muscle did not reveal the presence of any tissue residues.

Furthermore, growth performances recorded in birds receiving cassava leaves and cossets were significantly lower when compared to the control group. However, no difference was observed in cut-parts (breasts, thigh-drumsticks, wings) and in carcass yield between groups. So, maize substitution by cassava leaves and cossets allowed reducing feed cost. It can be then suggested that those feeds allow reducing competition for maize consumption between human and poultry.

In conclusion, it is possible to successfully use unconventional feed resources such as mucuna seeds which are an opportunity for developing country and could contribute to improve food security with local resources.

Table des matières

Avant-propos	2
Introduction	5

Chapitre I. Revue bibliographique

Article 1

Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes

1. Introduction	9
2. Ressources alimentaires non conventionnelles en aviculture : définition et contexte d'utilisation	10
3. Les graines de légumineuses et autres graines	11
3.1. <i>Mucuna spp.</i>	11
3.1.1. Caractéristiques botaniques et agronomiques	11
3.1.2. Utilisations médicinales	13
3.1.3. Valeurs nutritionnelles	14
3.1.4. Contraintes bromatologiques liées à l'utilisation de mucuna dans l'alimentation de la Volaille	16
3.1.5. Effets des traitements sur la réduction des teneurs en L-dopa et autres facteurs anti-nutritionnels	19
3.1.6. Effet des traitements sur la composition en nutriments	23
4. Autres graines de légumineuses et aliments non-conventionnels	25
5. Les feuilles et autres parties végétatives	27
6. Les insectes et autres produits animaux	29
7. Conclusion	30
8. Références	30

Chapitre II. Caractéristiques des élevages de pintade locale en milieu villageois

Article 2

Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin

1. Introduction	51
2. Material and methods	51
3. Results and discussion	52
3.1. Characteristics of Guinea fowl production under traditional management in Borgou area	52

3.2. Feeding	52
3.3. Breeding	53
3.4. Guinea fowl growth performance in rural area	55
3.5. Constraints to rural Guinea fowl production	55
3.6. Sales and marketing	56
3.7. Flock composition	57
4. Conclusions	57
5. Acknowledgements	58
6. References	58

Article 3

Comparaison des caractéristiques de production de la pintade locale (Meleagris numida) en station et dans le milieu villageois en zone soudano-guinéenne du Bénin

1. Introduction	66
2. Matériels et méthodes	66
2.1. Site expérimental	66
2.2. Elevages	67
2.3. Analyses statistiques	68
3. Résultats	68
3.1. Performances de croissance et de ponte en station	68
3.2. Performances en milieu rural	69
4. Discussion	71
5. Conclusion	73
6. Remerciements	74
7. Références bibliographiques	74

Chapitre III. Etude de contenu de jabot

Article 4

Seasonal variations in the crop contents of scavenging Helmeted Guinea Fowls (Numida meleagris, L) in Parakou (Benin)

1. Introduction	83
2. Material and methods	84
2.1. Characteristics of the study area	84
2.2. Samplings	85
2.3. Chemical analysis	85

2.4. Statistical analysis	85
3. Results	86
3.1. Animals and physical composition of crop content	86
3.2. Chemical composition	87
4. Discussion	88
4.1. Physical composition of crop contents	88
4.2. Chemical composition of crop contents	90
5. Conclusion°	92
6. Acknowledgements	92
7. References	92

Chapitre IV. Etude de digestibilité des graines de *Mucuna pruriens*

Article 5

Nutrient digestibility of *Mucuna (Mucuna pruriens var. utilis)* bean in guinea fowl (*Numida meleagris, L*): effects of heat treatment and levels of incorporation in diets

1.	
Introduction	102
2. Materials and methods	103
2.1. <i>Mucuna</i> bean processing	103
2.2. Experimental design and feeding program	103
2.3. Chemical analyses	104
2.4. Statistical analysis	105
3. Results	105
3.1. Diet composition and animal performance	105
3.2. Nutrients digestibility	106
4. Discussion	107
4.1. Proximate composition of the diets	107
4.2. Animal performance	108
4.3. Apparent digestibility of nutrients	108
5. Conclusion	109
6. Acknowledgements	110
7. References	110

Chapitre V. Etudes de croissance et qualité de la viande de pintade locale**Article 6*****The effects of raw and processed *Mucuna pruriens* seed based diets on the growth parameters and meat characteristics of Benin local guinea fowl (*Numida meleagris*, L)***

1. Introduction	122
2. Materials and methods	123
2.1. Animal management and diets	123
2.2. Carcass characteristics and meat quality	123
2.3. Diets and L-Dopa analysis	124
2.4. Statistical analysis	125
3. Results	125
3.1. Composition of diets	125
3.2. Animal performance	125
3.3. Carcass characteristics and meat quality	126
4. Discussion	127
4.1. Composition of diets	127
4.2. Performance of guinea fowl fed with <i>Mucuna</i>	127
4.3. Carcass characteristics and meat quality	128
5. Conclusion	129
6. Acknowledgements	130
7. References	130

Article 7***Utilisation des cossettes et des feuilles de manioc en finition des pintades (*Numida meleagris*, L) : performances zootechniques coûts de production, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande.***

1. Introduction	141
2. Matériel & méthodes	141
2.1. Elevage	141
2.2. Caractéristiques de la carcasse	143
2.3. Analyse Statistique	143
3. Resultats	144
3.1. Performances zootechniques et rentabilité	144
3.2. Caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande en fonction du lot	145
4. Discussion	145

4.1. Performances zootechniques et coût alimentaire	145
4.2. Caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande	148
5. Conclusion	149
6. Remerciements	150
7. Références bibliographiques	150

Chapitre VI. Discussion générale et perspectives

1. Discussion générale et perspectives	160
1.1. Caractéristiques des élevages de pintade en milieu villageois du Bénin	160
1.2. L'effet de la saison sur le régime alimentaire de la pintade divaguante	162
1.3. Digestibilité des graines de Mucuna	164
1.4. Effets de l'utilisation des graines de mucuna et des feuilles et cossettes de manioc sur les performances des pintades et la qualité de la viande	165
Conclusions générales et perspectives	169
Références bibliographiques	170

Avant-propos

Cette thèse est structurée sous forme d'une compilation d'articles scientifiques publiés, acceptés ou soumis dans les revues scientifiques suivantes : *Family poultry*, *Livestock Research for Rural Development*, *International Journal of Poultry Science*, *Annales de Médecine Vétérinaire* et *British Poultry Science*.

Cette étude sur l'amélioration de l'alimentation de la pintade locale comporte 6 chapitres. Après une introduction générale qui situe le contexte et les objectifs de l'étude, le chapitre I (article 1) présente une synthèse bibliographique publiée sur les ressources alimentaires potentielles valorisables en Afrique. Cette partie fait l'inventaire des aliments non conventionnels et des contraintes qui limitent leur utilisation, et expose les possibilités de traitement afin de réduire leur toxicité.

Le contexte actuel de l'élevage de la pintade dans les conditions traditionnelles et la comparaison de ce système à un mode d'élevage plus élaboré est présenté dans le chapitre II (articles 2 et 3).

Le troisième chapitre est relatif à l'étude du régime alimentaire de la pintade élevée en totale liberté dans les élevages villageois. Cette partie illustre les compositions physiques et chimiques des aliments ingérés par les pintades sur les parcours ainsi que leurs variations saisonnières (chapitre III).

Le quatrième chapitre présente les résultats d'une étude de digestibilité des graines de *Mucuna pruriens* pures et des aliments à base des graines de mucuna chez la pintade. Le mucuna, utilisé comme plante de couverture ou de jachère protège le sol contre l'érosion. Il produit des graines qui possèdent d'excellentes valeurs alimentaires comparables à celles des légumineuses conventionnelles.

Enfin, le chapitre V expose les résultats de deux études : l'une portant sur l'effet des graines de mucuna soumises à des traitements thermiques sur les performances de croissance et la qualité de la viande de la pintade et l'autre concernant ces mêmes paramètres lorsque le maïs est substitué par les feuilles et les cossettes de manioc.

La discussion générale (chapitre 6) se veut une analyse intégrée des différents résultats obtenus et présente la contribution de ces études à la connaissance des ressources alimentaires non conventionnelles au Bénin ainsi que les perspectives qui en découlent.

Introduction

Introduction

Dans la plupart des pays africains au sud du Sahara, les productions animales sont une source importante de richesse. L'élevage des espèces animales à cycle court et en particulier celui de la volaille rurale constitue une stratégie de survie pour les populations pauvres. Depuis quelques années, la mélagriculture (ou élevage de la pintade) connaît un essor particulier en Afrique de l'Ouest. La pintade y fait l'objet d'une spéculation assez marquée en raison du fait que sa viande est très appréciée par les populations locales. Par ailleurs, cette activité est depuis toujours d'une importance non négligeable pour les populations car elle leur assure une part significative de l'approvisionnement en protéines animales. La viande de volaille est fortement appréciée. Au Bénin, par exemple, elle représente la seconde source de viande après le bœuf (MAEP, 2002).

Dans les conditions actuelles de la pratique rurale au Bénin, les volailles sont laissées en divagation et assurent essentiellement elles-mêmes la couverture de leurs besoins nutritionnels. Dans ces conditions, les performances d'élevage sont extrêmement faibles. Des travaux récents ont tenté de montrer qu'il est possible d'améliorer les conditions d'élevage de la pintade en subvenant partiellement aux besoins alimentaires de ces animaux, notamment en leur procurant des concentrés dont les matières premières sont disponibles sur le marché. De telles pratiques sont cependant difficilement rentables au vu des coûts des matières premières importées. Toutefois, il existe de nombreuses ressources alimentaires non conventionnelles et totalement inexploitées au Bénin. Il en va ainsi des graines de *Mucuna pruriens* par exemple. Cet aliment pourrait assurer une partie des besoins énergétiques et protéiques des pintades. Les principales contraintes qui sont identifiées sont d'ordre toxicologique. Il existe cependant des procédés permettant de réduire les teneurs en composés toxiques de ces graines.

Le principal objectif de cette thèse est de déterminer dans quelle mesure des aliments non conventionnels disponibles au Bénin permettraient de contribuer à améliorer l'alimentation de la pintade locale.

De manière spécifique, ce travail a visé initialement à étudier le mode traditionnel d'élevage de la pintade dans la région de Borgou (Parakou), où la mélagriculture est répandue. Le Borgou, est la plus importante région agricole du Bénin dont l'économie est essentiellement basée sur l'agriculture. Les familles rurales y pratiquent une agriculture extensive associée à l'élevage, caractérisée par un faible revenu.

L'étude a eu ensuite pour objectif de contribuer à la connaissance du régime alimentaire de la pintade dans le milieu d'élevage traditionnel du Borgou.

Enfin, des études relatives à la digestibilité de ressources alimentaires non conventionnelles, telles que les graines de mucuna, et à la mesure en station de leurs effets sur les performances de croissance et la qualité de la viande des pintades ont clôturé la partie expérimentale de ce travail.

Des recommandations relatives aux possibilités de valorisation de ressources non conventionnelles ciblées dans l'alimentation de la pintade concluent le travail.

Chapitre I

Revue bibliographique

Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes

Article 1 – Synthèse acceptée pour publication dans les *Annales de Médecine Vétérinaire*

DAHOUDA M., TOLÉBA S.S., SENOU M., YOUSAO A.K.I., HAMBUCKERS A., HORNICK J-L.

Résumé

Les travaux traitant de l'utilisation des ressources alimentaires non-conventionnelles et particulièrement des graines de *Mucuna Spp.* dans l'alimentation de la volaille sont revus. Cette synthèse s'intéresse d'abord au contexte de leur utilisation, à leurs valeurs nutritionnelles ainsi qu'aux contraintes liées à leur valorisation avant d'envisager les effets des diverses techniques de traitement sur la réduction des substances toxiques qu'elles peuvent contenir et sur leurs compositions chimiques. Les méthodes de traitement utilisées sont très variables. Leur standardisation permettrait de les rendre applicables en milieu paysan. Ces ressources pourraient ainsi constituer une alternative de choix face aux coûts des aliments conventionnels utilisés en production aviaire.

Summary

Numerous works are related to the use of unconventional feed resources, and particularly to *Mucuna Spp.*, in poultry diet. This review aims at describing the context of their use, their nutritional values and the constraints related to their upgrading, before considering the effects of the various methods of treatment on the reduction of the toxic substances that they could contain and on their chemical compositions. The methods of treatment are very variable and their standardisation should allow using them in rural area. Those feed could thus constitute an alternative to costly conventional feed usually used in poultry production.

1. Introduction

Selon les estimations de la FAO (2001), entre 1989-1998, la consommation de la viande de volaille a augmenté de 2,8 kg/personne/an à travers le monde. En 1998 la moyenne était de 10,1 kg/personne/an mais les plus faibles niveaux de consommation ont été enregistrés en Afrique (3,7 kg/personne) et en Asie (5,9 kg/personne) au cours de la même année. La consommation d'œufs de table, quant à elle, était de 227 œufs/personne/an dans les pays développés mais de près de la moitié (118 œufs) dans les pays pauvres, la moyenne mondiale étant de 142 œufs (FAO, 2001). Les déficits en produits de volaille enregistrés dans les pays en développement, et particulièrement en Afrique au sud du Sahara, sont surtout liés aux faibles niveaux de productivité de la volaille africaine (Guèye, 1998). Afin de pallier à ces déficits aussi responsables de carences en protéines animales, beaucoup de gouvernements africains et, particulièrement celui du Bénin, ont soutenu le développement de l'élevage des espèces à cycle court, comme la volaille, dans l'espoir de fournir aux populations de ces pays des produits animaux de haute valeur nutritive à faibles coûts. Afin d'atteindre ces objectifs, le Bénin a initié en 2005, au travers d'un programme de la FAO, un « Projet de développement de l'aviculture moderne en zones urbaines et de l'aviculture traditionnelle en zones rurales ». Malgré ces efforts soutenus en faveur du développement du secteur de l'élevage, la consommation en produits avicoles reste encore fortement tributaire des importations, notamment en provenance de l'Union Européenne et du Brésil (Horman, 2004). Cette dépendance vis-à-vis de l'extérieur augmente chaque année en raison du taux démographique annuel estimé entre 3 et 4% (INSAE, 2003). En 1999, la production locale de viande et d'œufs de volaille au Bénin ne couvrait que 28,2 et 73,4% des besoins, respectivement (Horman, 2004). Entre 1999 et 2003, les importations des produits avicoles sont passées de 74 783 à 83 991 tonnes, le pays étant le premier pays importateur des poulets congelés parmi les pays de l'UEMOA. L'essentiel de ces produits est toutefois réexporté vers le Nigeria, la RDC, l'Angola, l'Afrique du Sud, le Gabon et, le Ghana (Horman, 2004). En 2001, la FAO prévoyait déjà une augmentation de la demande en produits avicoles dans les pays en développement durant la période 2000-2015, ainsi qu'une croissance annuelle de 3,5% de l'industrie de la volaille dans ces pays.

L'accroissement de la production avicole, qui entraîne une augmentation des quantités mondiales des céréales produites pour l'alimentation aviaire, n'est pas sans conséquence sur l'équilibre des ressources alimentaires mondiales et sur le développement économique des pays en développement. En effet, il existe une concurrence directe entre l'homme et l'animal pour la consommation des céréales. Il est prévu qu'avant 2020, les pays en développement augmenteront

dans l'ensemble leurs importations céréalières à un niveau équivalent à la quantité annuelle de maïs produite aux USA, soit 200 millions de tonnes. Environ la moitié de cette quantité sera utilisée pour nourrir les animaux et cette dépendance aux importations céréalières rendra les pays en voie de développement très vulnérables (Delgado *et al.*, 1999). L'industrialisation avicole dans ces pays africains contribuera significativement à cette forte concurrence entre l'élevage et l'alimentation humaine.

Il ressort de cette situation que la production locale (animale et végétale) doit être encouragée pour réduire les importations à long terme. En aviculture, les alternatives qui permettent d'atteindre ces objectifs sont la promotion de l'aviculture traditionnelle et la valorisation des ressources alimentaire et génétique locales. Actuellement, parmi les obstacles qui freinent le développement de l'aviculture en Afrique, l'alimentation représente une contrainte majeure. La complémentation marginale apportée par les éleveurs ruraux à la volaille en divagation ne permettent pas d'optimiser la productivité et la rentabilité des exploitations avicoles. L'utilisation des graines de légumineuses locales et d'autres ressources alimentaires non conventionnelles, dont la disponibilité ou le coût ne sont pas des facteurs limitants, pourrait être une solution.

Cette synthèse vise à établir l'inventaire de certaines ressources alimentaires non conventionnelles utilisables comme aliments de la volaille en zone tropicale. Elle présente leurs valeurs nutritionnelles ainsi que les contraintes qui en limitent leur utilisation. Elle expose aussi les principales méthodes de traitement préconisées afin de réduire les facteurs anti-nutritionnels ou toxiques généralement contenus dans ces aliments.

2. Ressources alimentaires non conventionnelles en aviculture : définition et contexte d'utilisation

Les ressources alimentaires non-conventionnelles, au sens de cette étude, sont des aliments d'origine végétale, animale ou minérale, très peu ou pas exploités pour l'alimentation animale, qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui sont peu connus de la plupart des éleveurs. Il s'agit d'aliments de substitution ou de remplacement des aliments conventionnels. Il s'agit notamment de graines (*Mucuna spp.*, *Lablab purpureus*, *Canavalia ensiformis*, sésame), de feuilles (*Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Azolla pinnata*), ainsi que de tubercules et de produits animaux divers, voire de petites pierres. Dans les pays en développement, l'intérêt suscité par ces ressources ces dix dernières années s'est particulièrement accru avec la crise céréalière et

l'augmentation du prix du soja sur le marché mondial. Dans ces pays, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses, *a fortiori* pour la volaille locale qui les valorise mal. Les nutritionnistes ont donc tenté d'utiliser des protéines animale et végétale disponibles localement, afin de les substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles (Basak *et al.*, 2002 ; Fru Nji *et al.*, 2003 ; Amaefule et Osuagwu, 2005, D'Mello, 1992 ; Verma *et al.*, 1998 ; Basak *et al.*, 2002 ; Bamgbose *et al.*, 2003).

3. Les graines de légumineuses et autres graines

La contribution des graines de légumineuse dans l'alimentation humaine et animale dans les pays sous-développés n'est plus à démontrer. Les légumineuses vivrières sont considérées comme la source majeure des protéines alimentaires parmi les plantes (Baudouin et Maquet, 1999). Une attention considérable est accordée à l'utilisation des graines de légumineuses et autres sources de protéines non-conventionnelles pour nourrir la volaille tropicale. Cet intérêt pour ces aliments va probablement s'accroître ces dernières années en raison de la crise alimentaire qui touche particulièrement les pays pauvres.

3.1. *Mucuna spp.*

Une bonne partie des nombreux travaux consacrés aux légumineuses alternatives comme source de protéine pour les monogastriques, a été consacrée aux graines de *Mucuna spp.* (Pugalenthi et Vadivel, 2006 ; Tuleun *et al.*, 2008 ; Siddhuraju et Becker 2005 ; Iyayi *et al.*, 2005). L'engouement pour cette légumineuse est lié à ses potentialités agronomiques, médicinales et nutritionnelles.

3.1.1. Caractéristiques botaniques et agronomiques

Le mucuna (noms latins : *Mucuna pruriens* Baker, syn. : *Mucuna prurita* Hook ; *Carpopogon atropurpureum* Roxb, *Dolichos pruriens* *Mucuna atropurpurea* sensu auct, *Mucuna axillaris* Baker, *Mucuna bernieriana* Baill., *Mucuna esquirolii* H. Lev. etc. noms vernaculaires : nescafé, pois mascate, pica-pica, cow-hitch plant, cowhage, velvet bean, devil bean, ojo de venado, bengal bean, Achariya, Achariya-pala, Aga, Agy, Bhainswalibel, Buchariwa etc.) appartient à la famille des Fabaceae. Sa distribution est pantropicale (Eilitta *et al.*, 2003). Il s'agit d'une plante herbacée volubile rampante, annuelle, à feuilles trifoliées et à fleurs de couleur pourpre ou blanche. Ses gousses sont longues, généralement pubescentes. Le genre mucuna compte approximativement 100 espèces (Buckles, 1995). Actuellement, on considère généralement qu'il existe deux variétés

à savoir *M. pruriens* var. *utilis* et *M. pruriens* var. *pruriens* (Vissoh *et al.*, 2008). Les différences morphologiques sont associées à la présence de poils pubescents sur les gousses, à la couleur des téguments et à la durée de cycle de production (Pugalenthi *et al.*, 2005, Eilitta *et al.*, 2003). Au Bénin, deux variétés (*M. pruriens* var. *utilis* and *M. pruriens* var. *cochinchinensis*) ont été testées en milieu paysan et diffusées en Afrique de l'Ouest. Elles se différencient par la couleur de leur tégument, *utilis* étant noir et *cochinchinensis* blanche (Vissoh *et al.*, 2008). Le mucuna est bien adapté aux zones tropicales humides et subhumides de l'Afrique de l'Ouest avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 2500 mm et en dessous de 1600 m d'altitude (Vissoh *et al.*, 2008). Il tolère des températures de 19 à 27°C et, pousse sur les sols pauvres dont le pH est compris entre 5 et 7 (Kiff *et al.*, 1996; Weber *et al.* 1997). Le mucuna est relativement tolérant à la sécheresse (Vissoh *et al.*, 2008) et produit souvent une quantité importante de graines dont le rendement varie entre 2,9 à 6,9 tonnes/ha (Pugalenthi et Vadivel, 2007). La production totale en biomasse de mucuna est estimée entre 7 et 9 tonnes de matière sèche à l'hectare (Gurumoorthi *et al.*, 2003). Elle est ainsi considérée comme une des légumineuses les plus productives du monde (Pugalenthi et Vadivel, 2007).

Le mucuna, utilisé comme plante de couverture ou de jachère protège le sol contre l'érosion, améliore sa structure, ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et l'enrichit en azote (Dovonou, 1994 ; Vissoh *et al.*, 2008). Il étouffe également le développement des adventices, notamment le chiendent (*Imperata cylindrica*) qui envahit les sols appauvris et acidifiés par des cultures successives. Des études réalisées au Bénin dans le Département de Mono ont montré que la jachère annuelle à base de mucuna réduisait la densité d'*I. cylindrica* de 270 à 32 repousses par m² (Dovonou 1994). En raison de ce succès, le système de la jachère annuelle à base de mucuna a été adopté par les producteurs béninois pour la gestion de la fertilité des sols (Houndékon *et al.*, 2008). Ce système cultural a permis en milieu paysan une augmentation sensible des rendements du maïs sur les sols appauvris. La production de maïs grain a été en effet augmentée de 500 kg/ha pour la variété locale et de 800 kg/ha pour la variété améliorée. Dans la région centrale de Ghana, où la pluviométrie est bi-modale, une production moyenne de maïs de 3 à 4 tonnes/ha a été atteinte sur une jachère annuelle à base de mucuna sans application de la fertilisation azotée, soit une production similaire à celle normalement obtenue avec un taux recommandé de fertilisant de 130 kg N/ha (Versteeg et Koudokpon, 1990 ; Versteeg et Koudokpon, 1993). Ces résultats montrent l'intérêt économique de mucuna pour les agriculteurs à faibles revenus et pour l'environnement dans un contexte d'une agriculture durable et biologique. L'adoption de cette plante pour la restauration de la fertilité des sols revêt une importance toute particulière dans les

régions à forte pression démographique telles que le plateau du Mono au Bénin où l'accès au sol par les agriculteurs devient de plus en plus difficile. La région de Mono est en effet une des zones en Afrique au Sud de Sahara où la densité humaine est la plus élevée avec 220 habitant/km² (Manyong *et al.*, 1999).

3.1.2. Utilisations médicinales

C'est l'utilisation médicinale de mucuna qui est le plus souvent rapportée dans la littérature pour de nombreuses régions du monde. Toutes les parties de cette plante renferment des composés à activités pharmacologiques (Warrier *et al.*, 1996). Plusieurs applications thérapeutiques de mucuna ont été décrites, mais la plus répandue est son utilisation contre la maladie de Parkinson (Manyam, 1995, Pugalenti *et al.*, 2005). La graine était déjà utilisée à cet effet dans l'ancien système médical Indien (Ayurveda) (Manyam, 1995 ; Pugalenti *et al.*, 2005). Plus tard, cette pratique a été transposée dans la médecine moderne en raison de la présence en quantité appréciable de la L-dopa. La L-dopa a été décrite pour la première fois par Guggenheim en 1913 dans les graines de *Vicia faba* puis dans les graines de *Mucuna pruriens*. Enfin, on découvrit que la L-dopa permettrait un soulagement symptomatique de la maladie de Parkinson par augmentation de la dopamine au niveau du système nerveux central (Eilittä *et al.*, 2003). Pour rappel, la L-dopa, ou *3,4-dihydroxyphenylalanine*, est un acide aminé non protéique, substance intermédiaire dans la synthèse des catécholamines, qui possède deux isomères optiques, les L-dopa et D-Dopa. Seule, la forme stéréo-isomérique lévogyre est métabolisable par l'organisme. La L-dopa est soit synthétisée au niveau de l'organisme (L-dopa endogène) ou peut être d'origine exogène (comme c'est par exemple le cas de la L-dopa contenue dans les graines de mucuna) (Harper et Murray, 2003). La tyrosine est le précurseur direct des catécholamines et la tyrosine hydroxylase est l'enzyme limitante de la voie de biosynthèse des catécholamines ; elle agit comme une oxydoréductase pour transformer la L-tyrosine en L-dopa (a) (Figure 1). Sa décarboxylation par la Dopa-décarboxylase produit la Dopamine (b). La chaîne latérale de la dopamine subit une hydroxylation (β -hydroxylase) pour donner la noradrénaline (c) qui, à son tour, produit l'adrénaline par N-méthylation (d).

Des propriétés aphrodisiaques sont reconnues au mucuna et, il est également utilisé pour la stimulation des contractions utérines et pour améliorer l'ovulation chez la femme (Sridhar et Bhat, 2007). Shukla et collaborateurs (2007) ont montré que l'administration orale de 5 g par jour de la poudre de *Mucuna pruriens* chez les sujets souffrant d'oligospermie a amélioré leur stress psychologique, le nombre des spermatozoïdes ainsi que leur mobilité.

On attribue aussi des propriétés anthelminthiques et helminthiques au mucuna (Pugalenthi *et al.*, 2005, Sridhar et Bhat, 2007 ; Jansen, 2005). Ekanem et collaborateurs (2004) ont ainsi testé l'efficacité des extraits bruts de *Mucuna pruriens* sur *Ichthyophthirius multifiliis*, un protozoaire des poissons et ils ont ainsi observé une réduction drastique de 90% du nombre de parasites.

Bien que des médicaments à base de L-dopa synthétique soient produits aujourd'hui, le mucuna comme source de L-dopa continue de susciter l'attention de ceux qui s'intéressent aux médecines naturelles et alternatives (Hussain et Manyam, 1997; Manyam, 1995). D'autres études pourraient être envisagées sur les utilisations médicinales de mucuna, par exemple, contre les parasites intestinaux des animaux domestiques dans un contexte de production biologique et de réduction de la pauvreté.

3.1.3. Valeurs nutritionnelles

Les valeurs nutritionnelles déterminées pour les graines de mucuna sont comparables à celles des légumineuses conventionnelles. Elles contiennent des proportions comparables en protéines, acides aminés, lipides, énergie, minéraux et autres nutriments (Pugalenthi *et al.*, 2005). Les compositions chimiques rapportées dans la littérature varient toutefois en fonction des auteurs et des variétés de mucuna analysées (Tableau I). Les valeurs protéiniques sont généralement comprises entre 22 et 35 %. Ces valeurs sont plus élevées que celles trouvées dans les légumineuses classiques telles que *Pisum sativum* (22 %), *Phaseolus vulgaris* (21 %), *Cicer arietinum* (19 %) et *Lens culinaris* (21%) (Costa *et al.*, 2006). Cependant, malgré un taux intéressant en protéines, sa valeur biologique est réduite par la présence de la L-dopa. Les travaux de Takasaki et Kawakishi (1997) ont montré que les produits d'oxydation de la L-dopa se conjuguent avec les résidus sulfhydryles des protéines pour former le complexe 5-S-cysteinyl-dopa conduisant à la polymérisation des protéines. Selon cet auteur, ce complexe pourrait constituer un des facteurs limitant la digestibilité des protéines et de l'amidon de mucuna. Le profil des acides aminés de mucuna est comparable à celui des légumineuses communes (Tableau II) malgré la déficience en acides aminés soufrés (Ravindran et Ravindran, 1998). Mohan et Janardhanan, (1995) ont signalé que la lysine et la valine sont les acides aminés limitants dans la variété blanche de mucuna tandis que les acides aminés soufrés le sont dans la variété noire. Les graines de *M. pruriens* et de *M. utilis* sont de bonnes sources de tous les acides aminés essentiels recommandés par la FAO/WHO (1990), excepté la cystéine et la méthionine. La concentration en acides aminés essentiels des graines de mucuna peut donc constituer un apport intéressant pour suppléer les céréales dont les protéines sont nettement moins équilibrées.

Les graines de mucuna contiennent des taux modestes de matières grasses. Les valeurs lipidiques de 12 variétés de *Mucuna spp.*, rapportées par Ezeagu *et al.*, (2003), étaient comprises entre 4 et 7 %. Selon Vadivel et Pugalenth (2009), *M. pruriens* contient un taux plus élevé de lipides (8 %). Les teneurs en fibres brutes sont également modestes. Les valeurs sont situées entre 4 % (Ezeagu *et al.*, 2003) et 8 % (Vadivel et Pugalenth, 2009 ; Emenalom et Udedibie, 2005), mais ces taux sont réduits à 2 % lorsque les graines sont dépelliculées (Agbede et Aletor, 2005), ce qui constitue un avantage pour l'alimentation des monogastriques. Les hydrates de carbone non pariétaux sont un composant majeur des légumineuses et représentent entre 50 et 70 % des graines de mucuna en terme de matière sèche (Pugalenth *et al.*, 2005 ; Ezeagu *et al.*, 2003). Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées dans les graines de soja (22 %) et suggèrent que le mucuna est approprié pour l'alimentation de la volaille (Ezeagu *et al.*, 2003). Cependant, l'amidon des graines crues de mucuna est contenu dans les granules qui le rendent indisponible à l'hydrolyse enzymatique. De ce fait, il présente une faible digestibilité. Le traitement hydrothermique améliore toutefois la biodisponibilité de l'amidon dans les graines de mucuna (Pugalenth *et al.*, 2005), ce qui justifie leur traitement thermique avant toute incorporation dans l'aliment. La teneur en sucres solubles dans les graines entières de mucuna est comprise entre 9 et 11 % tandis que les graines dépelliculées en contiennent 10 à 12 % (Siddhuraju *et al.*, 2000). *M. veracruzense* et *M. Preta* en contiennent toutefois moins de 5% (Ezeagu *et al.*, 2003).

En raison des faibles teneurs en constituants pariétaux, le mucuna constitue une source énergétique appréciable, avec des valeurs comprises entre 3500 et 4600 kcal d'énergie métabolisable/kg (Agbede et Aletor 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008).

Les graines de mucuna contiennent aussi des quantités appréciables de minéraux (Tableau III). Comme dans la plupart des légumineuses, le potassium est le minéral le plus abondant dans les graines de mucuna (Ezeagu *et al.*, 2003) ; les taux de calcium, de phosphore, de magnésium, de fer et de zinc sont également satisfaisants (Tuleun *et al.*, 2008 ; Agbede et Aletor 2005). Vijayakumari et collaborateurs (2002) estiment que les graines de mucuna contiennent des taux en K, Ca, P, Mg, Fe, Zn et Mn comparables à ceux de *Phaseolus sp.*

3.1.4. Contraintes bromatologiques liées à l'utilisation de mucuna dans l'alimentation de la volaille

En zones tropicales, plusieurs légumineuses ont été identifiées comme source potentielle d'énergie et de nutriments pour l'alimentation humaine et animale, mais la présence de facteurs toxiques dans les graines constitue un handicap à leur valorisation. La L-dopa a été reconnue comme facteur prédominant dans le mucuna (Tuleun *et al.*, 2008 ; Gurumoorthi et Vadivel, 2008), bien que la présence d'autres composés toxiques ait été aussi signalée (Tuleun *et al.*, 2008 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Ezeagu *et al.*, 2003) (Tableau IV).

La L-dopa provoque des troubles gastro-intestinaux (nausée, vomissement et anorexie) et neurologiques tels que des délires paranoïdes, des hallucinations, de la démence et une sévère dépression (Lorenzetti *et al.*, 1998). Il est donc important de se poser la question du devenir de la L-dopa dans l'animal et des dangers potentiels pour les consommateurs. Les catécholamines, en occurrence la dopamine, ne traversent pas la membrane des cellules endothéliales des capillaires cérébraux (Constantinidis *et al.*, 1969), donc la barrière hémato-encéphalique. Elles sont synthétisées localement au niveau du cerveau (Harper et Murray, 2003). Toutefois, la dopa passe de la lumière capillaire dans les cellules endothéliales. La décarboxylase, abondante dans ces cellules, la transforme en dopamine, mais cette dernière ne peut pas passer dans le parenchyme. Il s'avère donc que la barrière encéphalique pour la L-dopa est non seulement physique mais elle est aussi de nature enzymatique (Constantinidis *et al.*, 1969).

Par ailleurs, lorsque la L-dopa exogène est administrée *per os*, sa résorption est complète mais la majeure partie (80%) de la L-dopa est transformée par une dopa-décarboxylase des tissus périphériques en dopamine ; celle-ci est métabolisée soit en noradrénaline, soit en acide dihydroxyphénylacétique. Ultérieurement, sous l'influence de la mono-aminoxydase et de la catéchol-O-méthyl-transférase, la noradrénaline est métabolisée en acide vanillylmandélique, qui est éliminée dans l'urine (Cohen et Jacquot *et al.*, 2008). Le reste passe dans le sang par un mécanisme de transport commun à plusieurs acides aminés et saturable (Cohen et Jacquot *et al.*, 2008). Selon Constantinidis *et al.*, (1969), la majorité des organes périphériques ne contiennent pas de décarboxylase dans leur endothélium et la dopa peut passer librement. Cependant, les capillaires rénaux se comportent de la même manière que ceux du cerveau (Constantinidis *et al.*, 1969). Il convient de signaler que, malgré l'existence de la barrière physique et enzymatique rapportée plus haut par Constantinidis et collaborateurs, (1969), une petite quantité de la dose administrée (moins de 5 %) parvient à traverser facilement la barrière hématoencéphalique et

arrive au niveau du système nerveux central où elle est transformée par les neurones dopaminergiques en dopamine par la dopa-décarboxylase centrale (Sandler *et al.*, 1974 ; Harper et Murray, 2003). Dans le cerveau des rats, les taux de la L-dopa sont habituellement de moins de 1 ng/mg de protéine, et donc la L-dopa ne peut pas être détectée sans utilisation des bloqueurs de la décarboxylase (Demarest et Moore, 1980). Le cerveau des oiseaux semble avoir des neurones à L-dopa. Leur distribution est semblable aux neurones dopaminergiques, cependant, leur nombre est moins important (Moons *et al.*, 1994). Selon le même auteur, la plupart des neurones dopaminergiques identifiés au niveau de l'hypothalamus des mammifères pourraient être observées chez le poulet. Par conséquent, les processus métaboliques de la L-dopa au niveau du système nerveux central chez les oiseaux pourraient être similaires à ceux observés chez les mammifères.

Les concentrations en L-dopa dans les graines de mucuna sont variables et comprises entre 2 et 9 % de la graine (Lorenzetti *et al.*, 1998 ; Eilittä *et al.*, 2003 ; St-Laurent *et al.*, 2002 ; Capo-chichi *et al.*, 2003 ; Tuleun, *et al.*, 2008). Des variations liées aux conditions écologiques et environnementales (altitude) ont été rapportées (Lorenzetti *et al.*, 1998). Des taux particulièrement élevés sont constatés dans les graines provenant des plantes cultivées près de l'Equateur. Selon, St-Laurent et collaborateurs (2002) la concentration en L-dopa diminue lorsque le mucuna est cultivé à des altitudes plus élevées. L'intensité de la lumière pourrait avoir un effet sur la synthèse de la L-dopa dans les graines de mucuna. Des études sur la synthèse de la L-dopa en fonction de l'illumination ont montré soit une stimulation (Wichers *et al.*, 1989) ou soit une inhibition (Brain, 1976). Des variations variétales ou génétiques ont été également observées (Siddhuraju et Becker, 2001 ; St-Laurent *et al.*, 2002). En effet, *M. cochinchinensis* contient un taux plus élevé de L-dopa (5,6 à 6,6 %) que *M. pruriens* (4,4 à 4,8 %) (Tuleun *et al.*, 2008 ; Gurumoorthi et Vadivel, 2008 ; Janardhanan, 2000). Les teneurs ne semblent par contre pas influencées par la couleur du tégument (Eilittä *et al.*, 2003). Le plus faible taux de L-dopa (1,5 %) a été trouvé dans la variété *M. gigantea*, utilisée dans l'alimentation de plusieurs groupes ethniques de l'Inde (Rajaram et Janardhanan, 1991), tandis que les taux les plus élevés ont été rapportés dans *M. pruriens* var. *cochinchinensis* (8 %), *M. andreana* (8,9 %) et *M. birdwoodiana* (9,1 %) (St-Laurent *et al.*, 2002 ; Ingle, 2003). Dans les autres parties de la plante, les concentrations en L-dopa sont comprises entre 0,17 % et 0,35 % dans les feuilles, entre 0,19 % et 0,31 % pour les pétioles et entre 0,12 % et 0,16 % pour les racines (Pugalenthi *et al.*, 2005). Hormis dans le mucuna, la présence de la L-dopa a été également rapportée dans les graines (0,2 %) et dans les plantules (7 %) de *Vicia faba*

(Goyoaga *et al.*, 2008). C'est d'ailleurs dans cette légumineuse que la présence de la L-dopa a été signalée pour la première fois par Guggenheim en 1913.

Même si les troubles liés à la consommation de mucuna sont essentiellement attribuables à la L-dopa, il n'est pas exclu que les autres facteurs présents dans les graines jouent un rôle amplificateur. Certains travaux (Gurumoorthi *et al.*, 2003; Ezeagu *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008) signalent la présence d'autres composés tels que l'acide cyanhydrique (HCN) , des anti-trypsines, des tannins, l'acide phythique, l'oxalate, la saponine et des alcaloïdes. Une étude portant sur six variétés de *Mucuna spp.* provenant de la région de Benue au Nigeria a montré que la variété *Mucuna pruriens* «couleur crème» contenait une concentration en acide cyanhydrique de l'ordre de 5,3 mg/kg, tandis que la valeur la plus élevée (13,4 mg/kg) était trouvée dans la variété *Mucuna poggei*, la valeur moyenne étant de 10,1 mg/kg (Tuleun *et al.*, 2008). Cependant, Ezeagu *et al.*, (2003) ont trouvé des taux beaucoup plus faibles, compris entre 1,0 et 1,2 mg/kg, dans 10 variétés de mucuna. Des valeurs encore plus faibles ont été signalées (Ravindran et Ravindran, 1988). Les taux de cyanure d'hydrogène mesurés dans les graines de mucuna sont beaucoup plus faibles que ceux généralement trouvés dans *Vigna unguiculata* (40 mg/kg) et sont en dessous du taux acceptable de 10 mg/kg recommandés pour la consommation humaine (Tuleun *et al.*, 2008).

Les inhibiteurs de la trypsine sont également présents dans le mucuna (Rajaram et Janardhanan, 1991 ; Siddhuraju et Becker, 2005). Ces composés empêchent l'activité protéolytique digestive en formant des complexes avec la trypsine (Sridhar et Bhat, 2007). Une grande variabilité des teneurs est observée dans les graines de mucuna. Elles sont comprises entre 8,25 et 31,4 Unité de Trypsine inhibé/mg de protéine (Tuleun *et al.*, 2008). Cependant, Gurumoorthi et collaborateur (2003) ont rapporté des valeurs plus élevées comprises entre 45 et 50 unités de trypsine inhibée/mg de protéine.

Les composés phénoliques et les tannins réduisent également la biodisponibilité des protéines, des hydrates de carbone et des minéraux en provoquant une diminution des activités enzymatiques et peuvent parfois entraîner une érosion de la muqueuse digestive (Liener, 1994). Les taux de composés phénoliques dans les graines varient entre 3 et 5 % (Gurumoorthi *et al.*, 2003) et, ceux des tannins sont compris entre 1,6 à 1,7 % (Ezeagu *et al.*, 2003). Les plus faibles concentrations en tannins mesurées sont comprises entre 0,14 et 0,24 % (Gurumoorthi *et al.*, 2003 ; Tuleun *et al.*, 2008). Les tannins sont des composés hydrosolubles particulièrement concentrés dans les

téguments et, de ce fait, ils sont facilement éliminés par les procédés classiques de traitement des graines tel que le décorticage, le trempage et le traitement par la chaleur humide (Siddhuraju *et al.*, 1996 ; Vijayakumari *et al.*, 1996 ; Josephine et Janardhanan, 1992).

Les teneurs en acide phytique (0,08 % à 0,22 %) en oxalate (0,018 %) et en saponine (0,21 à 0,74 %) sont généralement faibles dans la graine de mucuna et sont en deçà du niveau toxique (Tuleun, *et al.*, 2008). Il est important de signaler que les oxalates solubles ont un effet néfaste sur l'absorption des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} contenus dans l'aliment. L'oxalate insoluble se lie à l'ion Ca^{2+} dans l'aliment et le rend indisponible pour l'organisme. L'oxalate soluble est facilement extrait au cours du processus de trempage et de traitement dans l'eau bouillante (Ezeagu *et al.*, 2003).

Les alcaloïdes sont des composés azotés faiblement alcalins contenus dans la plupart des plantes et qui potentiellement peuvent être extrêmement toxiques. Ils ont cependant, de grandes valeurs médicinales, lorsqu'ils sont correctement utilisés. Les graines de mucuna contiennent entre 1,22 et 2,44 % de ces composés (Ezeagu *et al.*, 2003).

3.1.5. Effets des traitements sur la réduction des teneurs en L-dopa et autres facteurs anti-nutritionnels

Les recherches sur l'utilisation de mucuna dans l'alimentation humaine et animale ont été essentiellement basées sur la réduction de la concentration en L-dopa, principal facteur anti-nutritionnel dans la farine de mucuna. Pour atteindre cet objectif, différentes méthodes physico-chimiques ont été utilisées, variant quant à la durée du traitement et les additifs utilisés. Cela a entraîné des confusions et a abouti à des résultats disparates concernant les taux de réduction des facteurs toxiques. Quelques techniques rapportées dans la littérature sont reprises dans le tableau V. Les plus fréquentes sont le trempage, le traitement dans l'eau bouillante, parfois avec ajout d'additifs (base ou acide), le toastage, l'autoclavage, la fermentation et la germination. Pour maximiser l'extraction des facteurs anti-nutritionnels, la plupart des méthodes recourent préalablement au broyage des graines (Wanjekeche *et al.*, 2003).

La L-dopa est soluble dans l'eau et il est possible de réduire ses concentrations en employant des méthodes domestiques classiques telles que le trempage suivi d'extraction dans l'eau bouillante (Siddhuraju *et al.*, 2000). La chaleur sèche et l'autoclavage ont été également rapportés comme étant efficaces pour éliminer la L-dopa (Nyirenda *et al.*, 2003).

a) Trempage

Les taux d'extraction des facteurs antinutritionnels par trempage sont généralement faibles, même avec ajout d'additifs, surtout lorsque les graines entières sont employées. Le trempage pendant 24 h dans l'eau des graines entières ou broyées n'a aucune incidence sur la concentration en L-dopa (Gurumoorthi *et al.*, 2008 ; Nyirenda *et al.*, 2003). Lorsque le trempage est réalisé dans des solutions de chlorure de sodium, de bicarbonate de sodium et d'acide citrique, les réductions sont comprises entre 9 et 14 %. Le trempage dans une solution d'hydroxyde de calcium permet d'obtenir un meilleur effet (26 % de réduction des teneurs).

La variabilité et la faible réduction des teneurs en L-dopa par le trempage pourraient être liés à deux facteurs : la faible perméabilité des téguments des graines de mucuna et la forte concentration de la L-dopa dans les cotylédons (Pugalenthi *et al.*, 2005).

Le broyage des graines permet d'atteindre un gain de réduction de 1,86 à 4,17 %. Mais, l'utilisation de NaHCO_3 n'a alors plus aucun effet sur l'extraction de la L-dopa (Nyirenda *et al.*, 2003). Cela est vraisemblablement dû au fait que le carbonate de sodium, basique, favorise la dégradation des parois ligneuses des téguments de la graine. Une étude récente a montré que le trempage des graines entières de mucuna dans une solution de NaHCO_3 à 0,2 % (pH 8,6), pendant 4 h à température ambiante de la chambre (32 °C) et dans un ratio graines/solution de 1:1, réduit de 66 % la concentration en L-dopa (Vadivel et Pugalenthi, 2009). Selon ces auteurs, ce niveau de réduction serait attribuable à l'environnement ionique créé par la solution de NaHCO_3 , qui modifierait la perméabilité des téguments (Vijayakumari *et al.*, 1998). L'efficacité de trempage dans une solution de Ca(OH)_2 a été démontrée, mais avec les graines broyées (Diallo *et al.*, 2002), contrairement à ce qui avait été observé. Ces auteurs rapportent que le trempage des graines broyées pendant 24 heures dans une solution de Ca(OH)_2 à 4 % est suffisant pour détoxifier les graines de mucuna à un niveau satisfaisant permettant de nourrir la volaille. Un niveau de L-dopa de 0,1 % a été obtenu par simple trempage de graines broyées en particules de 1 mm (rapport eau/graine de 40/1 à température ambiante pendant 2,5 jours), sans ajout d'additif (Teixeira *et al.*, 2003). L'augmentation du ratio graines/eau entraîne une amélioration de l'efficacité de l'extraction de la L-dopa (Vadivel et Pugalenthi, 2007). D'autres études rapportent que les trempages des graines dans des solutions de bicarbonate de sodium et d'extrait de pulpe de tamarin améliorent la réduction de la L-dopa, respectivement de 14,9 % et de 15,9 % en comparaison avec le trempage dans une solution d'acide citrique et dans l'eau (Siddhuraju et Becker, 2001).

Malgré l'efficacité des additifs pour l'extraction de la L-dopa, leur usage entraîne des coûts supplémentaires. Des produits locaux alternatifs facilement accessibles pourraient être utilisés lorsque l'utilisation des additifs se justifie dans le contexte des éleveurs ruraux à faible revenu. C'est dans cette optique que certains auteurs ont préconisé l'utilisation des produits locaux tels que l'extrait de la pulpe de tamarin (Siddhuraju et Becker, 2001), la cendre de bois (Ukachukwu et Szabo, 2003), la solution alcaline de Magadi ou trona (solution de bicarbonate de sodium obtenue dans le lac Magadi au Kenya), de la cendre des rafles de maïs ou des fanes de niébé (Wanjekeche *et al.*, 2003) et des feuilles de *Moringa oleifera* (Siddhuraju et Becker, 2005) pour faciliter l'extraction de la L-dopa. Par ailleurs, une extraction élevée de tannin (43-65 %) a été rapportée pour des graines trempées dans une solution de NaHCO₃ (Vijayakumari *et al.*, 2007). La méthode de trempage semble donc être adaptée à la pratique paysanne. Elle est cependant fastidieuse car lente et nécessitant parfois plusieurs changements de solution. L'ajout d'additifs qui améliorent la perméabilité des graines pourrait être une solution permettant d'améliorer cette méthode.

b) Traitement à la chaleur humide

Diverses techniques de traitements hydrothermiques se sont révélées très efficaces pour la réduction de la L-dopa par rapport aux autres méthodes (Siddhuraju et Becker, 2005). Le traitement thermique humide est la méthode la plus utilisée pour traiter les graines de mucuna destinées à la consommation humaine et animale en raison du fait que la plupart des composés nocifs sont thermolabiles. Généralement, la réduction des teneurs des facteurs antinutritionnels, en particulier la L-dopa, pendant les traitements thermiques, pourraient être due à la dégradation et à la dénaturation thermique de ces composées (Siddhuraju et Becker, 2001 ; Siddhuraju et Becker, 2005). La teneur en L-dopa est significativement réduite par la chaleur humide (Myhrman, 2002) même lorsque les graines sont entières (Wanjekeche *et al.*, 2003). Les graines entières bouillies dans une solution (de Magadi, de cendre de rafle de maïs, d'acide citrique ou de cendre de fane de niébé) permet de réduire les teneurs en L-dopa d'environ 50 % (Wanjekeche *et al.*, 2003). La chaleur humide sans additif réduit la teneur de 25 % de la L-dopa (Wanjekeche *et al.*, 2003). Des taux de réduction compris entre 23 % et 35 % sont obtenus avec les graines entières trempées, autoclavées et bouillies (Gurumoorthi *et al.*, 2008). Le traitement hydrothermique répété permet d'atteindre des valeurs de 60% (Janardhanan *et al.*, 2003). L'extraction de la L-dopa est facilitée lorsque les graines sont broyées (Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Teixeira *et al.*, 2003). La plus faible granulométrie améliorerait la perméabilité et l'imbibition des broyats. La réduction des teneurs en L-dopa atteint alors des valeurs de 70 à 81 % dans diverses solutions (Wanjekeche *et al.*, 2003).

La chaleur humide réduit le taux d'acide cyanhydrique de près de la moitié. La plus grande partie est perdue par volatilisation durant la cuisson, le reste étant rapidement converti en thiocyanure ou en d'autres composées (Pugalenthi *et al.*, 2005). La chaleur humide réduit également les taux de phytate de 38 % (Janardhanan *et al.*, 2003).

c) Tostage et Autoclavage

La chaleur sèche serait très efficace pour la réduction des teneurs en L-dopa (Siddhuraju *et al.*, 1996) en raison de la racémisation de la molécule. Le toastage diminue également d'un tiers les teneurs en acide phytique et l'autoclavage de près de la moitié. L'association chaleur sèche-chaleur humide réduit la concentration en HCN jusqu'à 68 % (Siddhuraju *et al.*, 1996). Le cyanure est éliminé à concurrence de 67 et 75% par toastage et autoclavage (Pugalenthi *et al.*, 2005). Les inhibiteurs de la trypsine sont thermolabiles. Ces composés sont presque totalement détruits par le toastage et l'autoclavage (à environ 95 %) (Siddhuraju *et al.*, 1996). La destruction des tannins par autoclavage (37-43 %) est un peu moindre que celle obtenue par trempage (Vadivel et Pugalenthi, 2009). Vadivel et Pugalenthi, (2009) ont montré que leur association était particulièrement efficace pour la réduction des tannins (entre 74 et 84 %) dans les variétés blanche et noire de mucuna.

L'incorporation des graines de mucuna traitées à la chaleur sèche dans l'alimentation des animaux réduirait donc certainement la dépendance excessive vis-à-vis des légumineuses conventionnelles, mais cette méthode reste onéreuse pour les petits éleveurs.

d) La fermentation

Les graines de mucuna peuvent être fermentées par diverses méthodes après avoir été traitées préalablement par bouillissage (45 mn) ou trempage (12 h). Le taux de la L-dopa dans les produits fermentés est très faible (< 0,1 %). Cependant, au cours du processus de fermentation, la teneur de la L-dopa double initialement avant de chuter de manière significative. Ce phénomène serait dû à libération de la L-dopa liée (Egounlety, 2003).

e) La germination

L'influence de la germination sur la diminution de la L-dopa a été aussi évaluée. Gurumoorthi et collaborateurs (2008) ont constaté qu'une période de germination de 120 h permettait de réduire la teneur en L-dopa à des valeurs comprises entre 35 et 58 %. Lorsque la période de la germination

augmente, une diminution concomitante du taux de L-dopa est observée. Cet effet est vraisemblablement dû à la dégradation enzymatique de la molécule.

f) L'irradiation

L'impact de l'irradiation gamma sur les facteurs antinutritionnels des graines de mucuna a été évalué par Bhat et collaborateurs (2007). Une réduction significative de la teneur en acide phytique est obtenue à partir de la dose 5,0 kGy et une dégradation complète est atteinte pour des doses comprises entre 15 et 30 kGy. La concentration en L-dopa a également diminué proportionnellement à la dose d'irradiation. Cependant, la concentration en tannins a augmenté significativement pour des fortes irradiations (à partir de 10 kGy). L'étude Gurumoorthi et collaborateurs (2008) n'a toutefois pas été concluante. Elle indique que la réduction de la L-dopa dans toutes les variétés de mucuna irradiées n'est pas significative même à des doses de 10 kGy. Les études complémentaires sont donc nécessaires pour confirmer ou infirmer l'efficacité de cette méthode.

3.1.6. Effet des traitements sur la composition en nutriments

Les méthodes utilisées modifient significativement la composition chimique des graines (Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Laurena *et al.*, 1991). Toutefois, les résultats rapportés sont parfois contradictoires. Par exemple, certains auteurs observent que le toastage permet d'obtenir une meilleure qualité nutritionnelle des graines par rapport au bouillissage (Dossa *et al.*, 1998), tandis que des résultats antérieurs rapportent le contraire (Laurena *et al.*, 1991). Les variations de ces résultats pourraient s'expliquer par les différences au niveau des techniques utilisées (durée de traitement, température, dose ou nature de l'additif, etc.). Certains travaux signalent une amélioration significative des taux protéiques (Bressani *et al.*, 2003) contrairement à d'autres résultats (Ukachukwu et Obioha, 1997). Par exemple, Wanjekeche et collaborateurs (2003) rapportent une augmentation des teneurs protéiques de 20 % lorsque les graines sont bouillies pendant 30 mn. Une légère augmentation est aussi enregistrée avec une solution alcaline ou acide. La cuisson à la pression atmosphérique pendant 3 h améliore aussi la qualité des protéines des graines de mucuna selon Bressani et collaborateurs (2003). Le toastage, quant à lui, améliore le taux de protéine de l'ordre de 7%, selon Emenalom et Udedibie (2005). Cependant, d'autres analyses (Ukachukwu et Obioha, 1997) montrent une réduction significative des taux de protéines lorsque la durée de cuisson est portée à 90 mn. Le trempage des graines avant leur cuisson pendant 60 mn a entraîné les mêmes effets (6,5% de réduction du taux de

protéine) (Emenalom et Udedibie, 2005 ; Adewale *et al.*, 2007). Ces résultats suggèrent de privilégier une température modérée comprise entre 70 et 90°C.

Une diminution des taux de protéines a été aussi observée lorsque les graines non dépelliculées ont été germées pendant 7 jours (Wanjekeche *et al.*, 2003). Toutefois, le taux de protéine brute semble rester constant durant le processus de fermentation des graines de mucuna. Le taux de protéines solubles augmente même de 1,2 % à 19,4 % au cours de fermentations fongiques d'une durée de 48 h (Egounlety, 2003).

Une réduction notable des teneurs en fibre brute a été signalée lorsque les graines ont été bouillies dans une solution alcaline ou acide par rapport à l'eau simple. Cette réduction a été plus importante dans les solutions alcalines de Magadi, suivi par les solutions à base de la cendre de fane de niébé et de rafle de maïs (Wanjekeche *et al.*, 2003). Par ailleurs, en testant plusieurs méthodes de cuisson avec des légumineuses communes (*Vigna mungo*, *Cicer arietinum*, *Lens culinaris* et *Phaseolus vulgaris*), Rehinan et collaborateurs (2004) ont remarqué que la cuisson par pression entraînait une réduction de la fibre NDF (28,5–35,3%) et ADF (11,6–21,8%), de la cellulose (17,0–35,8 %) et de l'hémicellulose (37,5–42,4 %). Une augmentation significative de près de 8 % du taux de fibre a toutefois été observée lorsque les graines de mucuna ont été trempées dans une solution de NaHCO₃ pendant 4 h (Vadivel et Pugalenthii, 2009). Ce résultat est en accord avec celui de Rehinan et collaborateurs (2004) qui ont également obtenu une augmentation des taux de fibres, telles que l'hémicellulose (44,4-58,8 %) et la cellulose (entre 5,6 et 12,5 %), avec des légumineuses trempées dans les mêmes solutions.

La plupart des auteurs (Udedibie et Mba, 1994 ; Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Vadivel et Pugalenthii 2009) sont unanimes quant à l'effet de la réduction des teneurs en matière grasse et en cendres totales dans les graines bouillies, ou trempées dans l'eau ou dans des solutions. Ces pertes seraient dues à des phénomènes de lixiviation ou de volatilisation de substances lipidiques lors du trempage et du bouillissage (Siddhuraju et Becker, 2005 ; Ukachukwu et Obioha, 1997).

L'effet bénéfique des traitements thermiques ou hydrothermiques sur la teneur en hydrate de carbone dans les graines de mucuna a été rapporté (Pugalenthii *et al.*, 2005 ; Wanjekeche *et al.*, 2003). Ceci est le résultat de l'augmentation apparente de l'amidon due à la dislocation des granules dans lesquelles l'amidon se trouve stocké (Wanjekeche *et al.*, (2003). Les traitements

apparaissant comme particulièrement efficaces sont le trempage dans l'eau ou dans une solution de bicarbonate de sodium suivi du bouillissage, et l'autoclavage.

Par ailleurs, une évaluation sensorielle des graines de mucuna (Wanjekeche *et al.*, 2003) a été réalisée en vue d'apprécier l'acceptabilité des produits traités par le consommateur. Cette étude a montré que les graines bouillies dans une solution alcaline sont plus agréables au goût et à la texture tandis que la couleur des graines cuites dans l'acide est plus claire et plus acceptable.

En conclusion, les modifications enregistrées au niveau de la composition chimique des graines au cours des processus de traitements thermiques et/ou chimiques seraient attribuables à la solubilisation des protéines ou de l'amidon, aux pertes par lessivage de certains nutriments tels que les minéraux, les protéines et la matière grasse, et à la modification des téguments ou à la dénaturation des fibres.

4. Autres graines de légumineuses et aliments non-conventionnels

Hormis les graines de mucuna qui ont été largement expérimentées chez la volaille, d'autres graines ont été testées. En général, même si les performances de ponte et de croissance ne sont pas encore très concluantes pour les spéculations intensives, ces graines peuvent être d'une grande utilité pour les petits éleveurs villageois à faibles revenus.

A l'instar du mucuna, le pois d'Angole (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) est une légumineuse cultivée en zone tropicale pour la restauration des sols et la lutte contre *Imperata cylindrica* (L.). Les graines du pois d'Angole sont très peu consommées par les hommes et n'ont pas d'utilité industrielle (Amaefule et Nwagbara, 2004). Comme la plupart des légumineuses, elles renferment des facteurs toxiques qui réduisent la biodisponibilité des nutriments. Cependant, les divers traitements rapportés pour le mucuna semblent également efficaces sur le pois d'Angole (Amaefule et Nwagbara, 2004).

Les graines de dolique (*Lablab purpureus* (L) Sweet) ont été également soumises à diverses méthodes de traitement (trempage, bouillissage, toastage, l'autoclavage et la germination) afin de déterminer leurs effets sur les teneurs en nutriments, les facteurs antinutritionnels et la digestibilité des protéines. Il ressort de ces investigations que la germination améliore significativement la teneur en protéines ainsi que leur digestibilité (Magdi, 2007). L'anti-trypsine, l'acide phytique et les tannins sont également réduits significativement par les divers traitements. Une autre étude

réalisée sur des poulets de chair a permis de montrer l'efficacité de la dolique lorsqu'elle est traitée adéquatement. La consommation alimentaire, le gain de poids et l'indice de consommation ne sont pas significativement différents de ceux obtenus avec du tourteau de soja (Sarwatt *et al.*, 1991).

Le voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) est une autre légumineuse qui pourrait être davantage utilisée dans l'alimentation de la volaille en Afrique. Fru Nji et collaborateurs (2003) ont montré que le voandzou cru ou autoclavé ne modifiait pas la consommation alimentaire des poulets mais diminuait les performances proportionnellement au niveau d'incorporation dans la ration, en particulier les graines crues. Des résultats similaires ont été obtenus par Amaefule et Osuagwu (2005) avec des poussins.

Les ressources locales disponibles au Burkina Faso pour l'alimentation de la volaille ont été évaluées par Pousga et collaborateurs (2007). L'analyse chimique des résidus de fabrication de la bière locale à partir de sorgho a montré des valeurs alimentaires acceptables en protéine en extrait étheré et en fibres brutes pour la production de la volaille, mais faible pour certains acides aminés et minéraux. Cette ressource pose également des problèmes de conservation. L'analyse des tourteaux de karité a donné des valeurs alimentaires encore moins satisfaisantes. Outre sa faible disponibilité, cet ingrédient est peu apprécié en raison de la présence de la saponine et de la théobromine (Atuahene *et al.*, 1998).

Les graines de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) ont également fait l'objet de recherche en alimentation de la volaille. A raison de 10% dans la ration, les graines crues ou traitées dans une solution de NaOH (2 % pendant 24 h) n'ont pas affecté les performances de reproduction de poules Leghorn (Verma *et al.*, 1998). Toutefois, la revue de Gowda et Sastry (2000) suggèrent d'éviter d'utiliser les graines crues au profit de sous-produits délipidés et traités aux alcalis.

La recherche d'aliments protéiques n'est pas la seule préoccupation des nutritionnistes. Les aliments énergétiques alternatifs pouvant remplacer le grain de maïs sont aussi évalués. Bamgbose et collaborateurs (2003) ont ainsi montré qu'il est possible de remplacer le maïs par le grain de *Cyperus rotundus* à raison d'un tiers de la ration, autorisant ainsi une réduction de coût de l'aliment de 8,17 %.

5. Les feuilles et autres parties végétatives

Au cours des deux dernières décennies, l'utilisation des feuilles comme source de protéines pour les non-ruminants a connu un intérêt croissant (Tableau VI). Une attention particulière a été d'abord portée aux farines de feuilles de *Leucaena leucocephala* et de *Manihot esculenta*. Mais très récemment, cet intérêt s'est tourné vers d'autres plantes comme le *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium*, *Robinia pseudoacacia*, *Cajanus cajan*, *Azolla pinnata* etc. (D'Mello, 1992). Ces plantes ont été valorisées dans l'alimentation de la volaille comme source de protéines chez les poulets de chair ou comme source de pigments chez la poule pondeuse. Les teneurs en protéines brutes sont plus élevées dans les farines de feuilles que dans les céréales (D'Mello, 1992). Cependant, les fibres brutes représentent une fraction importante de la matière sèche. Généralement, le taux des fibres brutes dans les feuilles peut être équivalent ou supérieur à celui des protéines. Cela réduit non seulement la digestibilité totale de la ration mais entraîne également une faible digestibilité des protéines dans les feuilles et tend à diminuer la digestibilité globale des protéines de l'aliment, lorsque les feuilles sont incorporées à un taux élevé (Tangendjaja *et al.*, 1990).

Divers facteurs antinutritionnels présents dans ces aliments constituent également des contraintes qui limitent leur valorisation (D'Mello, 1992). La production de farine de feuilles pour l'alimentation des monogastriques nécessite donc inévitablement des traitements préalables. Le séchage au soleil est la méthode appropriée sous les tropiques pour la réduction des substances anti-nutritionnelles. Ainsi, le séchage des feuilles de manioc peut réduire le taux d'HCN de près de 90 % (Ravindran *et al.*, 1987). Une autre stratégie, plus coûteuse, pour améliorer la valeur nutritionnelle des feuilles, est l'ajout d'additifs. Le sulfate de fer et le polyéthylène glycol se sont révélés efficaces pour complexer respectivement la mimosine et les tannins (D'Mello and Acamovic, 1989).

L'utilisation des feuilles sur les performances des animaux a abouti à des résultats très variables selon les taux d'incorporation et la composition chimique de chaque plante.

La farine de feuilles de *Leucaena leucocephala*, en raison de sa richesse en protéines, en minéraux et en vitamines, est un ingrédient courant pour l'alimentation de la volaille sous les tropiques (D'Mello et Taplin 1978). Les études d'Atawodi et collaborateurs (2008) sur la supplémentation en feuilles de *Leucaena* dans la ration de poules pondeuses, n'ont toutefois pas abouti à des résultats intéressants. Les auteurs rapportent une diminution des taux de ponte hebdomadaire et

recommandent une incorporation inférieure à 5 % dans le régime. Les auteurs attribuent les faibles performances enregistrées avec les feuilles de *Leucaena* à la présence mimosine (D'Mello et Acamovic, 1989 ; Atawodi *et al.*, 2008). Cependant, chez les poulets de chair en finition, un taux optimum d'incorporation de 10 % de feuilles de *Leucaena* ou de Manioc, en remplacement de soja, a permis d'obtenir une bonne performance et de réduire le coût de l'alimentation (Onibi *et al.*, 2008).

Wyllie et Chamanga, (1979) ont testé l'incorporation de différents types de feuilles de manioc dans le régime de poulet de chair. Il ressort de ces expérimentations que le faible niveau énergétique et la présence de cyanoglycoside dans les feuilles de manioc limitent son utilisation. Cette étude suggère néanmoins que dans les conditions de milieu rural, des performances raisonnables pourraient être obtenues avec l'utilisation des feuilles de bonne qualité, en particulier des jeunes feuilles.

Plusieurs travaux se sont aussi intéressés aux feuilles de *Moringa oleifera* Lam. (Kakengi *et al.*, 2007; Makkar et Becker, 1996). Elles contiennent un taux élevé de protéines (23 %, Makkar et Becker, 1996) dont une grande proportion est potentiellement disponible dans l'intestin (Makkar et Becker, 1996) et possèdent un profil en acides aminés adéquat et de faibles taux de facteurs antinutritionnels (Makkar et Becker, 1996). Les travaux Kakengi et collaborateurs (2007) en Tanzanie sur des poules pondeuses confirment que les performances obtenues avec les feuilles de moringa sont parmi les meilleures par rapport aux autres feuilles. La farine de feuilles de moringa pourrait ainsi remplacer jusqu'à 20 % de la principale source protéique sans entraîner d'effets néfastes sur la ponte. Le taux d'incorporation pourrait ainsi dépasser 10 % dans le cas des régimes à forte densité énergétique.

La farine des feuilles d'*Azolla pinnata* R. Br. contient environ 25 % de protéine brute et 15 % de fibres brutes Elle constitue une source potentielle de protéine pour la volaille. *Azolla* peut ainsi être incorporé dans l'aliment des poulets de chair jusqu'à un taux de 5 % sans affecter la croissance des poulets (Basak *et al.*, 2002). Une autre étude visant à évaluer la valeur alimentaire de l'*Azolla* sur les performances de ponte des poules a mis en avant la possibilité de l'incorporer à des taux allant jusqu'à 15 % sans affecter la production d'œufs, l'indice de conversion, ou la taille et la couleur des œufs (Khatun *et al.*, 1999).

Enfin, selon Siddiqui et collaborateurs (1986), les feuilles de neem (*Azadirachta indica*) fraîches, incorporées à raison de 10 % de la ration, peuvent améliorer la consommation alimentaire, la production d'œufs et le poids des œufs. Selon cet auteur, les feuilles fraîches de neem contiendraient un « principe lipidique » qui favoriserait la production et le poids des œufs. Les résultats d'une autre étude confirment que les poules peuvent consommer jusqu'à 15 % de feuilles séchées de neem sans perturber la ponte (Esonu *et al.*, 2006).

En conclusion, les résultats des divers travaux sur l'usage des feuilles en alimentation aviaire suggèrent des taux d'incorporation optimaux d'environ 10 % chez les poulets et de 5 % pour les poules pondeuses, principalement comme source de caroténoïdes (Iheukwumere *et al.*, 2008 ; Ige *et al.*, 2006 ; Wyllie et Chamanga, 1979 ; Udedibie et Opara, 1998).

6. Les insectes et autres produits animaux

L'utilisation des termites pour le démarrage des pintadeaux est une pratique courante en milieu rural Béninois. Une étude de Chrysostome (1997) a permis de constater l'influence positive de cette source de protéines sur les paramètres zootechniques des pintadeaux en milieu villageois. Farina et collaborateurs (1991) ont d'ailleurs mis au point une technique assez simple pour la production des termites. D'autres ressources animales ont été également testées chez la volaille. Ainsi, le poulet de chair peut recevoir 3,6 % de farine de vers de terre (*Eudrilus eugeniae*) en substitution de 5 % de farine de viande sans affecter ses performances zootechniques (Agbédé *et al.*, 1994). Pour éviter la transmission des parasitoses, Vorsters et collaborateurs (1994) préconisent le séchage des vers avant leur utilisation dans l'aliment.

L'introduction de farine ou de viande d'escargots a été aussi étudiée par différentes équipes. Barcelo et Barcelo (1991) ont déterminé la composition chimique de la farine d'escargots dorés (*Pila leopoldvillensis*) cru ou cuit sans coquilles. Les teneurs en protéines brutes, en calcium et en phosphore ont été respectivement de 53 %, 6,0 % et 0,5 %. Ces farines ou viandes d'escargots, si possible cuites, donnent des résultats similaires à ceux obtenus avec de la farine de poisson. Les taux élevés en calcium de ces farines peuvent toutefois affecter leur valeur nutritionnelle, à tout le moins chez le poulet de chair. June et collaborateurs (1991) ont également réalisé une expérience d'alimentation de poulets de chair à partir de farine d'escargots (*Pomacea caniculata*), comparée à la farine de poisson et à la farine de viande osseuse et ont obtenu d'excellents résultats à des taux d'incorporation allant de 4 à 12 %. La farine d'asticot est également une excellente source de

protéine et peut remplacer 25 % de farine de poisson tout en améliorant la vitesse de croissance et de l'indice de conversion (Awoniyi *et al.*, 2003).

7. Conclusion

La concurrence alimentaire entre l'homme et les monogastriques devient préoccupante en raison de l'augmentation de la population humaine et de l'industrialisation du secteur avicole moderne en Afrique. Pour combler le déficit entre la demande en protéine et le niveau de productivité de la volaille locale, la stimulation de la production locale est obligatoire, d'où la nécessité d'identifier d'autres sources alimentaires. La détermination des valeurs alimentaires de ces ressources ainsi que leur toxicité est particulièrement importante. De nombreuses ressources alimentaires non-conventionnelles sont potentiellement exploitables par la petite aviculture rurale en Afrique. Mais plusieurs contraintes limitent encore leur utilisation pour l'alimentation des monogastriques. Parmi elles, la disponibilité et la quantité des ressources, ainsi que leurs éventuelles teneurs élevées en fibres. Mais la principale contrainte est la présence des facteurs toxiques. Diverses méthodes montrent la possibilité de réduire ces facteurs. Mais il reste à les standardiser et à les rendre adaptées à la pratique paysanne.

8. Références

- ADEWALE I.E., OLOGHOBO D.A., GOUS M.R. Influence of processing of Mucuna (*Mucuna pruriens var utilis*) and Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) on the performance and nutrient utilization of broilers chickens. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 168-174.
- AGBEDE J.O., ALETOR V.A. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. *J. Food Compos. Anal.*, 2005, **18**, 89–103.
- AGDEBE G., NGUEKAM, MPOAME M. Essai d'utilisation de la farine de vers de terre *Eudrilus eugeniae* dans l'alimentation des poulets de chair en finition. *Tropicultura*, 1994, **12**, 3-5.
- AMAEFULE K.U., NWAGBARA N.N. The effect of processing on nutrient utilization of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) seed meal and Pigeonpea seed meal based diets by Pullets. *International J. Poult. Sci.*, 2004, **3**, 543-546.
- AMAEFULE K.U., OSUAGWU F.M. Performance of pullet chicks fed graded levels of raw Bambarra groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc) offal diets as replacement for Soybean meal and Maize. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2005, **17**. Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd17/5/amae17055.htm>

- ATAWODI S.E., MARI D., ATAWODI J.C., YAHAYA Y. Assessment of *Leucaena leucocephala* leaves as feed supplement in laying hens. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 317-321.
- ATUAHENE C.C., DONKOH A., ASANTE F., Value of sheanut cake as a dietary ingredient for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 1998, **72**, 133-142.
- AWONIYI T.A.M., ALETOR V.A., AINA J.M. Performance of Broiler – Chickens Fed on Maggot Meal in Place of Fishmeal. *International J. Poult. Sci.*, 2003, **2**, 271-274.
- BAMGBOSE A.M., ERUVBETINE D., DADA W. Utilization of tigernut (*Cyperus rotundus*, L.) meal in diets for cockerel starters. *Bioresource Technol.*, 2003, **89**, 245–248.
- BARCELO P.M., BARCELLO J.R. The potential of snail (*Pila leopoldvillensis*) meal as supplement in broiler diets. *Tropicicultura*, 1991, **9**, 11-13.
- BASAK B., PRAMANIK MD.A.H., RAHMAN M.S., TARAFDAR S.U., ROY B.C. Azolla (*Azolla pinnata*) as a Feed Ingredient in Broiler Ration. *International J. Poult. Sci.*, 2002, **1**, 29-34.
- BAUDOIN J.-P., MAQUET A. Improvement of protein and amino acid contents in seeds of food legumes. A case study in *Phaseolus*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1999, **3**, 220–224.
- BHAT R., SRIDHAR K.R., TOMITA-YOKOTANI K. Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). *Food Chem.*, 2007, **103**, 860–866.
- BRAIN K.R. Accumulation of L-dopa in cultures from *Mucuna pruriens*. *Plant. Sci. Lett.*, 1976, **7**, 157–161.
- BRESSANI R., LAU M., SILVIA VARGAS M. Protein and cooking quality and residual content of dehydroxyphenylalanine and of trypsin inhibitors of processed *mucuna* beans (*Mucuna* spp). *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 197 -212.
- BUCKLES D. Velvet bean: a “new” plant with a history. *Econ. Bot.*, 1995, **49**, 13–25.
- CAPO-CHICHI L.J.A., WEAVER D.B., MORTON C.M. The use of molecular markers to study genetic diversity in *mucuna*. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 309 – 318.
- CHRYSOSTOME C. Utilisation des Termites pour le Demarrage des Pintadeaux : Essai d’Alimentation en Milieu Rural. PROCEEDINGS INFPD WORKSHOP : M’Bour, Senegal, 1997, 117-124.
- COHEN Y., JACQUOT C. Pharmacologie. Elsevier, 2008, 487 p.
- CONSTANTINIDIS J., De La TORRE J.C., TISSOT R., GEISSBUHLER F. La barrière capillaire pour la Dopa dans le cerveau et les différents organes. *Psychopharmacologia*, 1969, **15**, 75–87.

- COSTA G.E.A., QUEIROZ-MONICI K.S., MACHADO REIS S.M.P., OLIVEIRA, A.C. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.*, 2006, **94**, 327–330.
- D’MELLO J.P.F., ACAMOVIC T. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 1989, **26**, 1-28.
- D’MELLO J.P.F., TAPLIN D.E., *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. *World Review An. Prod.*, 1978, **14**, 41-47.
- DELGADO C., ROSEGRANT M., STEINFELD H., EHUI S., COURBOIS C. Livestock to 2020: The next revolution. IFPRI: Washington D.C., USA, 1999, 72 p.
- DEMAREST K.T., MOORE K.E. Accumulation of L-dopa in the median eminence: An index of tuberoinfundibular dopaminergic nerve activity. *Endocrinology*, 1980, **106**, 463–468.
- DHAR M., CHOWDHURY S.D., ALI M.A., KHAN M.J., PRAMANIK M.A.H. Responses of semi-scavenging F1 crossbred (Rhode Island Red ♂ × Fayoumi ♀) grower and pre-layer chickens to diets of different nutrient density formulated with locally available feed ingredients. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 42-51.
- DIALLO O.K., KANTE S., MYHRMAN R., SOUMAH M., CISSÉ N.Y., BERHE T. Increasing farmer adoption of *Mucuna pruriens* as human food and animal feed in the Republic of Guinea. In: Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and Feed from *Mucuna*: Current Uses and the Way Forward. CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 2002, 26-29.
- D’MELLO J.P.F. Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In: Speedy A., Pugliese P.-L. (Eds.), Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO : Rome, 1992, 339 p.
- DOSSA C.S., MENSAH G.A., DOSSA A.D., ADOUN C. Influence de divers traitements physico-chimiques de graines de *Mucuna pruriens* sur leur composition chimique en nutriments. *Tropicultura*, 1998, **16**, 141-146.
- DOVONOU H. 1994. Influence de la couverture du *Mucuna pruriens* var. *utilis* sur la densité du chiendent. In WOLF J., (Eds.), Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub saharienne. Proceedings, Regional Conference. International Foundation for Science: Cotonou, Benin, 1994, 401-404.
- EGOUNLETY M. Processing of velvet bean (*Mucuna pruriens* var *utilis*) by fermentation. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 173 – 181.
- EILITTÄ M., BRESSANI R., CAREW L.B., CARSKY R.J., FLORES M., GILBERT R., HUYCK L., ST-LAURENT L., SZABO N.J. *Mucuna* as a Food and Feed Crop: An

- Overview. In: Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.). Food and feed from *Mucuna*: current uses and the way forward. CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 2003, 18–46.
- EKANEM A.P., OBIEKEZIE A., KLOAS W., KNOPF K. Effects of crude extracts of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) and *Carica papaya* (Caricaceae) against the protozoan fish parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Parasitol Res*, 2004, **92**, 361–366.
- EMENALOM O.O., UDEDIBIE A.B.I. Evaluation of different heat processing methods on the nutritive value of *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) seed meals for Broilers. *International J. Poult. Sci.*, 2005, **4**, 543-548.
- ESONU B.O., OPARA M.N., OKOLI I.C., OBIKAONU H.O., UDEDIBIE C., IHESHIULOR O.O.M. Physiological response of laying birds to Neem (*Azadirachta Indica*) leaf meal-based diets: Body weight organ characteristics and haematology. *Online J. Health Allied Scs.*, 2006, 5. Adresse URL: <http://www.ojhas.org/issue18/2006-2-4.htm>
- EZEAGU I.E., MAZIYA-DIXON B., TARAWALI G. Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *mucuna* accessions from Nigeria. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 129 – 139.
- FAO. World egg and poultry meat production, trade, and supply present and the future. FAO: Rome, 2001, 24 p.
- FAO/WHO. Protein Quality Evaluation. Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO : Rome, 1990, 23 p.
- FARINA L., DEMEY F., HARDOUIN J. Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. *Tropicultura*, 1991, **9**, 181-187.
- FASUYI A.O., DAIRO F.A.S., ADENIJI A.O. Tropical vegetable (*Amaranthus cruentus*) leaf meal as alternative protein supplement in broiler starter diets : Bionutritional evaluation. *J. Cent. Eur. Agr.*, 2008, **9**, 23-33.
- FLORES L., ESNAOLA M.A., MYHRMAN R. Growth of Pigs fed diets with *Mucuna* bean flour (*Mucuna pruriens*) compared to Soybean meal. In: Flores B.M., Eilitta M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and Feed from *Mucuna*: Current Uses and the Way Forward, CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 2002, 288–305.
- FRU NJI F., NIESS E., PFEFFER E. Effects of raw and heat-treated bambara groundnut (*Vigna subterranea*) on the performance and body composition of growing broiler chicks. *Arch. Anim. Nutr.*, 2003, **57**, 443 – 453.
- GOWDA S. K., SASTRY V. R. B. Neem (*Azadirachta indica*) seed cake in animal feeding-scope and limitations. *Asian Aus. J. Anim. Sci.*, 2000, **13**, 720-728.

- GOYOAGA C., BURBANO C., CUADRADO C., VARELA A., GUILLAMÓN E., PEDROSA M.M., MUZQUIZ M. Content and distribution of vicine, convicine and L-DOPA during germination and seedling growth of two *Vicia faba* L. varieties. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 1537–1542.
- GUEYE E.F. Village egg and meat production in Africa. *World's Poult. Sci. J.*, 1998, **54**, 73-86.
- GUGGENHEIM M. Dioxyphenylalanin, eine neue Aminosäure aus *Vicia faba*. *Hoppe-Seyler's Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1913, **88**, 276–284.
- GURUMOORTHY P., JANARDHANAN K., MYHRMAN R.V. Effect of differential processing methods on L-dopa and protein quality in velvet bean, an underutilized pulse. *LWT*, 2008, **41**, 588–596.
- GURUMOORTHY P., SENTHIL KUMAR S., VADIVEL V., JANARDHANAN K. Studies on agrobotanical characters of different accessions of velvet bean collected from Western Ghats, South India. *Trop. Subtrop. Agro- Ecosyst.*, 2003, **2**, 105–115.
- HARPER H.A., MURRAY R.K. Biochimie de Harper. De Boeck Université : Laval, 2003, 933 p.
- HOFMAN A. Amélioration de l'aviculture traditionnelle aux îles Comores : Impact de la semi-claustration et de la complémentation par une provende locale sur la productivité de la volaille locale. Mémoire de troisième doctorat en Médecine Vétérinaire. Université de Liège Faculté de Médecine Vétérinaire, 2000, 71 p.
- HORMAN D. Chicken connection. Le poulet africain étouffé par l'Europe. Gresea : Belgique, Bruxelles, 2004, 136 p.
- HOUNDEKON V., MANYONG V.M., GOGAN C.A., VERSTEEG M.N. Déterminants de l'adoption de *Mucuna* dans le département du Mono au Bénin. Adresse URL : http://www.idrc.ca/en/ev-31914-201-1-DO_TOPIC.html Consulté le 21/05/2008.
- HUSSAIN G., MANYAM B.V. *Mucuna pruriens*, proves more effective than L-dopa in Parkinson's Disease animal model. *Phytother. Res.*, 1997, **11**, 419-423.
- IGE A.O., ODUNSI A.A., AKINLADE J.A., OJEDAPO L.O., AMEEN S.A., ADERINOLA O.A., RAFIU T.A. *Gliricidia* leafmeal in layer's diet : Effect on performance, nutrient digestibility and economy of production. *J. Anim. Vet. Adv.*, 2006, **5**, 483-486.
- IHEUKWUMERE F.C., NDUBUISI E.C., MAZI E.A., ONYEKWERE M.U. Performance, nutrient utilization and organ characteristics of Broilers fed Cassava leaf meal (*Manihot esculenta* Crantz). *Pakistan J. Nutr.*, 2008, **7**, 13-16.
- INGLE P.K. L-dopa bearing plants. *Natural Product Radiance*, 2003, **2**, 126–133.

- INSAE Troisième recensement général de la population et de l'habitat de Février 2002 : Synthèse et analyse des résultats : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique : Cotonou, Bénin, 2003.
- IYAYI E.A., TAIWO V.O., FAGBOHUN A.O. Performance, carcass characteristics, haematological and histopathological studies of broilers fed mucuna (*Mucuna utilis*) bean meal based diets. *Isr. J. Vet. Med.*, 2005, **60**, 51-58.
- JANARDHANAN K., GURUMOORTHY P., PUGALENTHI M. Nutritional potential of five accessions of a south indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var *utilis*: The effect of processing methods on the content of L-dopa, phytic acid, and oligosaccharides. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 141 – 152.
- JANSEN P.C.M. *Mucuna poggei* Taub, 2005. Adresse URL : <http://database.prota.org/search.htm>
- JOSEPHINE R.M., JANARDHANAN K., Studies on chemical composition and antinutritional factors in three germplasm seed materials of the tribal pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Food chem.*, 1992, **43**, 13-18.
- JUNE L., ULEP P., BUANEFE M.M. Performance of broilers fed with snail (*Pomacea caniculata*) meal as substitute to fish meal or meat and bone meal. *Tropicultura*, 1991, **9**, 58-60.
- KAKENGI A.M.V., KAIJAGE J.T., SARWATT S.V., MUTAYOBA S.K., SHEM M.N., FUJIHARA T. Effect of Moringa oleifera leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, **19**. Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd19/8/kake19120.htm>
- KHATUN A., ALI M.A., DINGLE J.G. Comparison of the nutritive value for laying hens of diets containing Azolla (*Azolla pinnata*) based on formulation using digestible protein and digestible amino acid versus total protein and total amino acid. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1999, **81**, 43-56.
- KIFF L., POUND B., HOLDSWORTH R. Cover crops: a review and database for field users. Natural Resources Institute: Chatham, UK, 1996, 180 p.
- LAURENA A.C., RODRIGUEZ F.M., SABINO N.G., ZAMORA A.F., MENDOZA E.M.T. Amino acid composition, relative nutritive value and *in vitro* protein digestibility of several Philippine indigenous legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1991, **41**, 59-68.
- LIENER I.E. Antinutritional factors related to proteins and amino acids. In: Hul Y.H., Gorham J.R., Murrel K.D., Cliver D.O. (Eds.), *Food Borne Disease Hand Book*, Dekker: New York, 1994, 261–309.

- LORENZETTI F., MACISAAC S., ARNASON J.T., AWANGA D.V.C., BUCKLES D. The phytochemistry, toxicology, and food potential of velvet bean. In: Buckles D., Eteka E., Osiname O., Galiba M., Galiano G. (Eds.), *Cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture*. IDRC, IITA and SG200: Ottawa, Canada, 1998, 67-84.
- MAGDI A.O. Effect of different processing methods, on nutrient composition, antinutritional factors, and *in vitro* protein digestibility of *Dolichos Lablab* bean. *Pakistan J. Nutr.*, 2007, **6**, 299-303.
- MAKKAR H.P.S., BECKER K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1996, **63**, 211–228.
- MANYAM B.V. An alternative medicine treatment for Parkinson’s disease: results of a multicenter clinical trial. HP-200 in Parkinson’s Disease Study Group. *J. Alternative Compl. Med.*, 1995, **3**, 249–255.
- MANYONG M.V., HOUNDÉKON A.V., SANGINGA C.P., VISSOH P., HONLONKOU N.A. *Mucuna Fallow Diffusion in Benin: Impact*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA): Ibadan, 1999, 21 p.
- MOHAN V.R., JANARDHANAN K. Chemical analysis and nutritional assessment of lesser known pulses of the genus, *Mucuna*. *Food Chem.*, 1995, **52**, 275–280.
- MOONS L., VAN GILS J., GHIJSELS E., VANDESANDE F., Immunocytochemical localization of L-DOPA and dopamine in the brain of the chicken (*Gallus domesticus*). *J. Comp. Neurol.*, 1994, **346**, 97–118.
- MYHRMAN R. Detection and removal of L-dopa in the legume *Mucuna*. In: Flores M, Eilitta M, Myhrman R, Carew L, Carsky R (Eds.), *Proceedings of the International Workshop on Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward*. CIDICCO: Honduras, 2002, 142–163.
- NAJIB H., AL-DOSARI M.N., AL-WESALI M.S. Use of Samh Seeds (*Mesembryanthemum forsskalei* Hochst) in the Laying Hen Diets. *International J. Poult. Sci.*, 2004, **3**, 287-294.
- NYIRENDA D., MUSUKWA M., JONSSON L.O. The effects of different processing methods of velvet beans (*Mucuna pruriens*) on L-dopa content, proximate composition and broiler chicken performance. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 253-260.
- OMOIKHOJE S.O., ARUNA M.B., BAMGBOSE A.M. Effect of cooking time on some nutrient and antinutrient components of bambaragroundnut seeds. *Anim. Sci. J.*, 2009, **80**, 52–56.
- ONIBI G.E., FOLORUNSO O.R., ELUMELU C. Assessment of partial equi-Protein replacement of Soyabean meal with Cassava and Leucaena leaf meals in the diets of Broiler Chicken finishers. *International J. Poult. Sci.*, 2008, **7**, 408-413.

- POUSGA S., BOLY H., LINDBERG J.E., OGLE B. Evaluation of traditional Sorghum (*Sorghum bicolor*) beer residue, shea-nut (*Vitellaria paradoxa*) cake and cottonseed (*Gossypium spp*) cake for poultry in Burkina Faso. Availability and Amino Acid Digestibility. *Inter. J. Poult. Sci.*, 2007, **6**, 666-672.
- PUGALENTHI M., VADIVEL V. Agro biodiversity of eleven accessions of *Mucuna pruriens* (L.) DC. Var. *utilis* (Wall. Ex Wight) Baker ex Burck (velvet bean) collected from four districts of South India. *Gen. Res. Crop Evol.*, 2007, **54**, 1117-1124.
- PUGALENTHI M., VADIVEL V., SIDDHURAJU P. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. *Utilis*—A Review. *Plant. Food Hum. Nutr.*, 2005, **60**, 201–218.
- RAJARAM N., JANARDHANAN K. The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantean* (Willd) DC. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1991, **41**, 45–51.
- RAVINDRAN V., KORNEGAY E.T., RAJAGURU A.S.B., NOTTER D.R. Cassava leaf meal as a replacement for coconut oil meal in pig diets. *J. Sci. Food Agric.*, 1987, **41**, 45–53.
- RAVINDRAN V., RAVINDRAN G. Nutritional and anti-nutritional characteristics of *Mucuna* (*Mucuna utilis*) bean seeds. *J. Sci. Food Agric.*, 1988, **46**, 71–79.
- REHINAN Z.-U., RASHID M., SHAH W.H. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chem.*, 2004, **85**, 245–249.
- SANDLER M., JOHNSON R.D., RUTHVEN C.R.J., REID J.L., CALNE D.B., Transamination is a Major Pathway of L-dopa Metabolism following Peripheral Decarboxylase Inhibition. *Nature*, 1974, **247**, 364 – 366.
- SARWATT S.V., KATULE A.M., LUGENDO A.J.H. Effects of substituting dolichos bean meal with soya bean meal on the performance of broiler chicken. *Livest. Res. Rural Dev.*, 1991, 3. Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd3/1/sarwatt.htm>
- SHUKLA K.K., MAHDI A.A., AHMAD M.K., JAISWAR S.P., SHANKWAR S.N., TIWARI S.C. *Mucuna pruriens* reduces stress and improves the quality of semen in infertile Men. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. Adresse URL: <http://ecam.oxfordjournals.org/cgi/content/full/nem171v1>
- SIDDHURAJU P., BECKER K. Effect of various domestic processing methods on antinutrients and *in vitro* protein and starch digestibility for two indigenous varieties of Indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 3058–3067.
- SIDDHURAJU P., BECKER K. Nutritional and antinutritional composition, *in vitro* amino acid availability, starch digestibility and predicted glycemic index of differentially processed

- mucuna beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): an under-utilised legume. *Food Chem.*, 2005, **91**, 275–286.
- SIDDHURAJU P., BECKER K., MAKKER H.S. Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germplasm seed materials of an under-utilized tropical legume, *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 6048–6060.
- SIDDHURAJU P., VIJAYAKUMARI K., JANARDHANAN K., Chemical composition and protein quality of the little known legume Velvet bean (*Mucuna pruriens* L.DC.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 2636–2641.
- SIDDIQUI S., TARIQ M., BINA S.S., SHAHEEM F. Isolation of a triterpenoid from *Azadirachta indica*. *Phytochem.*, 1986, **25**, 2183-2186.
- SONAIYA E.B. Feed resources for smallholder rural poultry in Nigeria. *World Anim. Rev.*, 1995, **82**, 25- 33.
- SRIDHAR K.R., BHAT R. Agrobotanical, nutritional and bioactive potential of unconventional legume – *Mucuna*. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, 19. Adresse URL: <http://lrrd.org/lrrd19/9/srid19126.htm>
- ST. LAURENT L., LIVESEY J., ARNASON J.T., BRUNEAU A. Variation in L-dopa concentration in accessions of *Mucuna pruriens* (L.) DC and in *Mucuna brachycarpa* Rech. In: Flores M., Eilitta M., Myhrman R., Carew L., Carsky R. (Eds.), *Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward*. CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 2002, 352–375.
- TAKASAKI S., KAWAKISHI S. Formation of protein bound 3,4 dihydroxyphenylalanine and 5-S-cysteinyl-3,4-dihydroxyphenylalanine as new cross linkers in gluten. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 3472–3475.
- TANGENDJAJA B., RAHARJO Y.C., LOWRY J.B. Leucaena leaf meal in the diet of growing rabbits: evaluation and effect of a low-mimosine treatment. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1990, **29**, 63–72.
- TEIXEIRA A.A., RICH E.C., SZABO N.J. Water extraction of L-dopa from *mucuna* bean. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 159 – 171.
- TULEUN C.D., CAREW S.N., AJIJI I. Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2008, 20. Adresse URL: <http://lrrd.org/lrrd20/5/tule20081.htm>
- TULEUN C.D., IGBA F. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed water soaked and cooked velvet bean (*Mucuna utilis*) meal. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 2676-2681.
- UDEDIBIE A.B.I., MBA U.N. Studies on the use of pigeon pea (*Cajanus cajan*) as feed ingredient in layers diet. *J. Appl. Chem. Agri. Res.*, 1994, **1**, 1-5.

- UDEDIBIE A.B.I., OPARA C.C. Responses of growing broilers and laying hens to the dietary inclusion of leaf meal from *Alchornia cordifolia*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1998, **71**, 157–164.
- UDENSI E.A., IJEH I.I., KANU C.P. Effect of processing on the toxicity of *Mucuna jaspada* flour. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 3357–3359.
- UKACHUKWU S.N., OBIOHA F.C. Chemical evaluation of *Mucuna cochinchinensis* as alternative protein feedstuff. *J. Appl. Chem. Agric. Res.*, 1997, **4**, 34-38.
- UKACHUKWU S.N., SZABO N.J., Effect of processing, additives and vitamin B6 supplementation of *Mucuna pruriens* var *cochinchinensis* on broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 227–237.
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Biological value and protein quality of raw and processed seeds of *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, 19. Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd19/7/vadi19097.htm>
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Effect of soaking in sodium bicarbonate solution followed by autoclaving on the nutritional and antinutritional properties of velvet bean seeds. *J. Food Process. Pres.*, 2009, **33**, 60–73.
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Effect of various processing methods on the levels of antinutritional constituents and protein digestibility of *Mucuna pruriens* (L.) Dc. Var. *Utilis* (wall. Ex wight) baker ex burck (velvet bean) seeds. *J. Food Biochem.*, 2008, **32**, 795–812.
- VERMA S.V.S., GOWDA S.K., ELANGO VAN A.V. Response of single comb White Leghorn layers to dietary inclusion of raw or alkali-treated neem (*Azadirachta indica*) kernel meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1998, **76**, 169-175.
- VERSTEEG M.N., KOUDOKPON V., *Mucuna* helps control *Imperata* in southern Benin. *West Afric. Farming Syst. Res. Network Bull.*, 1990, **7**, 7–8.
- VERSTEEG N.M., KOUDOKPON V. Participative farmer testing of four low external input technologies, to address soil fertility decline in Mono Province (Benin). *Agric. Syst.*, 1993, **42**, 265–276.
- VIJAYAKUMARI K., PUGALENTHI M., VADIVEL V. Effect of soaking and hydrothermal processing methods on the levels of antinutrients and *in vitro* protein digestibility of *Bauhinia purpurea* L. seeds. *Food Chem.*, 2007, **103**, 968-975.
- VIJAYAKUMARI K., SIDDHURAJU P., JANARDHANAN K. Effect of different post-harvest treatments on antinutritional factors in seeds of the tribal pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 1996, **47**, 263–272.

- VIJAYAKUMARI K., SMITHA K.B., JANARDHANAN K. Biochemical characterization of the tribal pulse, *Mucuna utilis* Wall ex. Wight Seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 2002, **39**, 650–653.
- VISSOH P., MANYONG V.M., CARSKY J.R., OSEI-BONSU P., GALIBA M. Experiences with *Mucuna* in West Africa. Adresse URL : http://www.idrc.ca/es/ev-31912-201-1-DO_TOPIC.html Consulté le 5/12/2008.
- VISSOH P.V., MANYONG V.M., CARSKY R.J., OSEI-BONSU P., GALIBA M. Green manure cover crop systems in West Africa: experiences with *mucuna*. In: Buckles D., Eteka A., Osiname O., Galiba M., Galiano G., (Eds.), *Cover crops in West Africa contributing to sustainable agriculture*. IDRC : Ottawa, Canada, 1998, 318 p.
- VORSTER A., ADJOVI A., DEMEY F. Protéines dans les aliments des poules-l'utilisation d'*Eudrilus eugeniae* et *Eisenia fetida* dans des conditions tropicales. *Bull. RADAR.*, 1992, **2**, 1-3.
- WANJEKECHE E., WAKASA1 V., MUREITHI J.G. Effect of germination, alkaline and acid soaking and boiling on the nutritional value of mature and immature *mucuna (Mucuna pruriens)* beans. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 183–192.
- WARRIER P.K., NAMBIAR V.P.K., RAMANKUTTY C. Indian medicinal plants-A compendium of 500 species, 1996, **4**, 68-72.
- WEBER G.K., ROBERT A.B.C., CARSKY J.R. Handbook for use of LEXSYS (Legume Expert System): decision support for integrating herbaceous legumes into farming systems. International Institute of Tropical Agriculture: Ibadan, Nigeria, 1997, 31 p.
- WICHERS H.J., PRAS N., HUIZING H.J. *Mucuna pruriens*: *In vitro* production of L-dopa. In: Bajaj YPS (Eds.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Springer-Verlag: Berlin, 1989.
- WYLLIE D., CHAMANGA P.J. Cassava leaf meals in broiler diets. *Trop. Anim. Prod.*, 1979, **4**, 232-240.

Tableau I : Composition chimique de quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Variétés	PB (%)	EE (%)	Cendre (%)	CB (%)	ENA (%)	EM Kcal/Kg	Sources
<i>M. pruriens</i>	27,5	11,1	5,3	7,1	ND	4617	Agbede et Aletor (2005)
<i>M. pruriens</i>	31,7	5,2	3,6	7,4	52,0	ND	Adewale <i>et al.</i> , (2007)
<i>M. cochinchinensis</i>	30,1	4,5	4,5	9,0	51,9	4600	Ukachukwu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. utilis</i>	32,4	6,5	4,9	6,1	49,1	3490	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. utilis</i>	27,3	6,1	5,6	9,7	51,3	3687	Vadivel et Pugalenth (2007)
<i>M. rajada</i>	29,2	6,1	3,5	3,9	61,2	4033	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. preta</i>	27,9	4,7	3,6	4,2	63,7	3981	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. jaspeada</i>	27,6	4,7	3,2	4,4	64,5	3995	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. deeringiana</i>	27,7	4,8	3,2	4,1	64,2	4000	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. poggei</i>	27,9	8,6	3,9	3,6	45,8	4130	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)

Tableau II : Teneurs en acides aminés dans diverses variétés de graines de *Mucuna spp.*

	<i>M. pruriens</i>	<i>M. chinchinensis</i>	<i>M. utilis</i>	<i>M. solanei</i>	<i>M. poggei</i>
Acides aminés (%)	Flores <i>et al.</i> , (2003)	Adebowale <i>et al.</i> , (2005)	Siddhuraju et Becker (2005)	Afolabi <i>et al.</i> , (1985)	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
Acide Aspartique	19,5	13,6	11,4	6,9	10,0
Thréonine	7,0	5,0	3,6	2,0	3,3
Serine	7,6	3,4	4,4	3,3	3,4
Acide glutamique	19,1	16,8	12,3	10,0	15,6
Glycine	8,3	5,4	4,3	3,1	2,9
Alanine	6,3	7,4	3,2	3,6	3,8
Cystine	2,6	1,0	1,0	1,7	1,1
Méthionine	1,9	1,3	0,7	1,2	1,3
Valine	8,4	6,9	4,2	3,6	3,9
Isoleucine	7,7	9,1	4,2	2,7	3,7
Leucine	11,7	7,3	7,8	5,2	6,7
Tyrosine	ND	5,5	4,4	11,2	3,2
Phénylalanine	8,2	7,7	4,7	14,8	4,7
Histidine	3,8	2,4	3,5	1,1	2,9
Lysine	10,8	6,8	6,2	13,5	6,5
Arginine	9,7	8,0	5,3	11,8	5,9
Proline	8,3	13,4	5,1	3,3	3,4
Tryptophane	1,4	2,3	1,2	ND	ND

Tableau III : Teneurs en minéraux de quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Varirété	Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Sources
<i>M. pruriens</i>	0.51	0.67	1.39	0.34	2.21	11.3	20.3	5.49	939	Agbede et Aletor (2005)
<i>M. cochinchinensis</i>	0.09	0.46	3.99	0.18	ND	9.09	6.18	2.48	3.76	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. Utilis</i>	0.15	0.5	3.89	0.19	ND	10.34	6.82	4.1	5.1	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. rajada</i>	0.13	0.45	4.24	0.16	ND	14.85	11.29	2.34	4.75	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. preta</i>	0.08	0.51	5.76	0.17	ND	9.56	6.18	2.62	4.28	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. jaspeada</i>	0.08	0.47	8.46	0.17	ND	6.8	5.17	1.82	4.6	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. deeringiana</i>	0.09	0.54	3.85	0.15	ND	5.55	9.61	2.22	3.77	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. poggei</i>	0.65	0.36	0.93	0.28	0.07	11,9	5,6	1,4	8,5	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)

Ca, P, K, Mg, Na : en g/100 g ; Fe, Mn, Cu, Zn : en mg/100 g

Tableau IV : Facteurs antinutritionnels contenus dans quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Variétés	L-dopa (%)	Cyanide (%)	Anti-trypsine*	Tannins (%)	Phytate (%)	Oxalate (mg/100 g)	Saponine (%)	Alcaloïdes (%)	Sources
<i>M. pruriens</i>	4,75	0,11	22,6	0,22	0,19	0,25	0,63	2,1	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	5,9	0,10	18,2	0,12	0,08	0,01	0,21	1,2	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. Utilis</i>	5,5	0,09	11,4	0,22	0,14	0,02	0,24	1,8	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. rajada</i>	4,0	0,12	43,0	1,66	0,29	1,98	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. preta</i>	7,5	0,12	43,3	1,65	0,26	2,31	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. jaspeada</i>	6,6	0,12	46,6	1,57	0,45	1,81	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. deeringiana</i>	8,2	0,12	47,6	1,56	0,66	2,85	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. poggei</i>	5,9	1,34	31,4	0,25	0,22	0,03	0,74	2,3	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)

* Unité de Trypsine inhibé/mg de protéine

Tableau V : Effets des traitements des graines de *Mucuna spp.* sur la réduction des teneurs en L-dopa

Variétés	Traitements et durées	Additifs	L-dopa (%)	Réduction (%)	Sources
<i>M. pruriens</i>	Graines crues non traitées		6,33		Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (6 h, 30°C), ratio eau/graines 1 :100	Aucun	5,13	19%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Bouillissage graines entières (90-95 °C, 1 h), Ratio eau/graines 1 :100	Aucun	3,87	39%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Autoclave graines entières (15 Ib, 121°C, 30 mn)	Aucun	1,31	79%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Tostage graines entières (100-110 °C, 30 mn)	Aucun	3,15	50%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Graines crues non traitées		5,75		Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (0,2% NaCO ₃ , pH=8,6, 4 h à 32 °C, ratio 1 :100) + autoclave (15Ib, 121 °C, 30 mn)	Aucun	0,95	83 %	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (0,2% NaCO ₃ , pH=8,6, 4 h à 32 °C, ratio 1 :100)	Aucun	2,16	62%	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Autoclave graines entières (15Ib, 121 °C, 30 mn)	Aucun	3,48	40 %	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. cochinchinensis</i>	Graines crues non traitées		5.14		Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	5.00	3 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	NaCl, 0,1 g/100 ml, pH 8,2	5.08	1%	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Acide citrique 0,1 g/100 ml, pH 2,6	5.10	0,8 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Ca(OH) ₂ 0,1 g/100 ml, pH 2,6	4.85	6%	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C) + bouillissage (100 °C, 60 mn) ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	4.85	6%	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C) + autoclave (121 °C, 1,05 Kg/Cm ² , 30 mn), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	4.23	18 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)

Tableau V (suite) : Effets des traitements des graines de *Mucuna spp.* sur la réduction des teneurs en L-dopa

Variétés	Traitements et durées	Additifs	L-dopa (%)	Réduction (%)	Sources
<i>M. cochinchinensis</i>	Tostage (120-130 °C pendant 30 mn)	Aucun	4.20	18 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Irradiation γ (50 g, 10 kGy à 25 °C)	Aucun	5.00	3 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Magadi soda 0,25 %		80,5%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Cendre de rafle de maïs		74,8%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Cendre de fanes de niébé		69,5%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Acide citrique 0,25%		69,6%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Graines crues non traitées	Aucun	6,15		Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +bouillissage 12 h+3 h	Aucun	3,08	50,0%	Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +dépelliculage+bouillissage 12h+3 H	Aucun	2,41	61,0%	Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>Mucuna Spp.</i>	Trempage particules 24 h	Ca(OH) ₂ 4%	0,01	99%	Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>Mucuna Spp.</i>	Trempage graines 24 h	Ca(OH) ₂ 4%	1,75	71,5%	Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +dépelliculage+bouillissage 48H+1H ₂ O	Aucun	0,81	87%	Diallo <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Bouillissage graines (30 mn)	Aucun	4,42%	23,1%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Solution alcaline de Magadi à 0,25 %	2,34%	59.30%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Cendre de rafle de maïs	2,41%	58,1%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Cendre de fanes de niébé	3,02%	47,4 %	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48h) + Bouillissage (1h) +dépelliculage+bouillissage (30 mn)	Acide citrique 0,25%	2,89%	49,7%	Wanjekeche <i>et al.</i> , (2003)

Tableau VI : Composition chimique de quelques ressources alimentaires non conventionnelles utilisées dans l'alimentation de la volaille.

	MS (%)	PB (%)	EE (%)	Cendre (%)	CB (%)	ENA (%)	EM Kcal/ kg	Ca (%)	P (%)	Sources
<i>Leucaena leucocephala</i> (feuilles)	95,3	25,8	5,3	10,4	9,9	ND	1876	1,02	0,24	Dhar <i>et al.</i> , (2007)
<i>Manihot esculenta</i> (feuilles)	25,3	25,1	12,7	9,1	11,4	46,1	1075	1,40	0,3	Iheukwumere <i>et al.</i> , (2008)
<i>Moringa oleifera</i> (feuilles)	86,0	29,7	4,4	14,8	22,5	10,6	1879	2,8	0,26	Kakengi <i>et al.</i> , (2007)
<i>Azolla pinnata</i> (feuilles)	90,58	28,54	1,6	16,92	12,38	ND	1814	1,43	0,31	Khatun <i>et al.</i> , (1999)
<i>Gliricidia sepium</i> (feuilles)	92,5	24,4	1,8	8,6	ND	43,4	ND	ND	ND	Ige <i>et al.</i> , (2006)
<i>Amaranthus cruentus</i> (feuilles)	88,6	23,0	5,4	19,3	8,8	43,5	3250	2,4	1,8	Fasuyi <i>et al.</i> , (2008)
<i>Vigna subterranea</i> (graines)	91,4	19,6	6,4	4,4	3,6	54,9	2540	2,6	0,08	Omoikhoje <i>et al.</i> , (2009)
<i>Cajanus cajan</i> (graines)	88,5	26,2	2,1	5,5	5,0	496	3829	ND	ND	Amaefule et Nwagbara, (2004)
<i>Lablab purpureus</i> (graines)	91,2	22,7	2,3	4,5	9,9	51,8	ND	ND	ND	Sarwatt <i>et al.</i> , (1991)
<i>Mesembryanthemum forsskalei</i> (graines)	93,1	22,16	3,09	2,49	10,62	ND	2976	0,05	0,17	Najib <i>et al.</i> , (2004)
Asticot (insecte)	92,6	55,1	20,7	10,4	6,3	0,2	ND	ND	ND	Awoniyi <i>et al.</i> , (2003)
<i>Achatina fulica</i> (chair)	83,0	70,6	5,3	ND	ND	7,3	ND	2,1	0,76	Hofman, (2000)

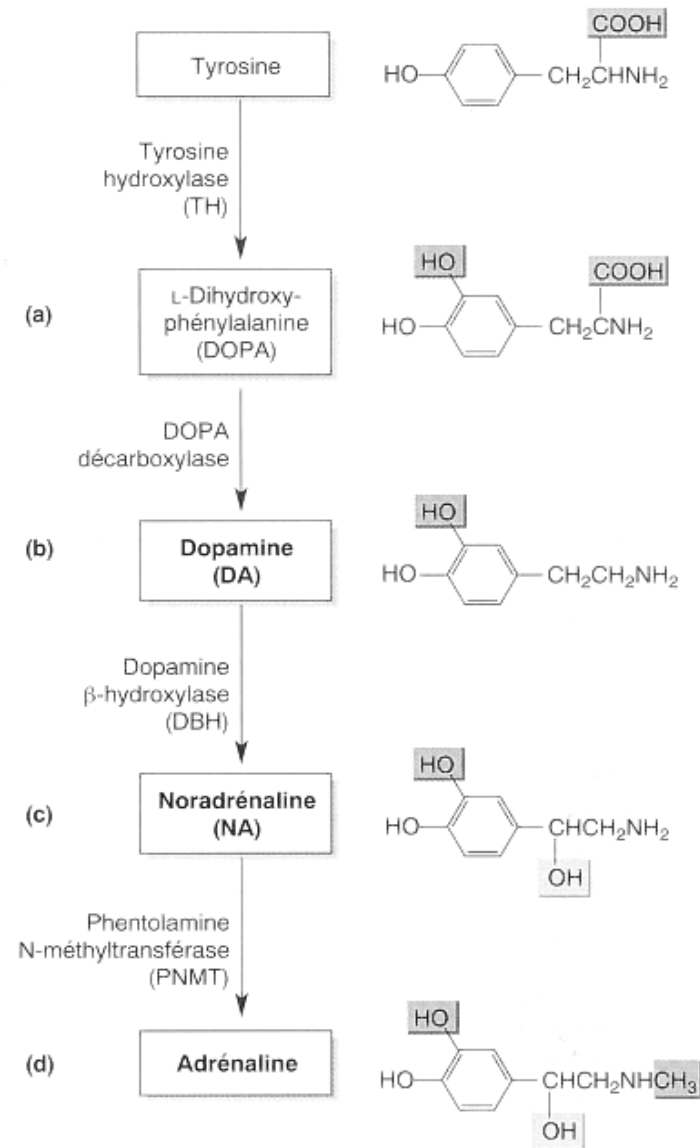


Figure 1 : Métabolisme de la L-dopa

Caractéristiques des élevages de pintade locale en milieu villageois

Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin

Paper 2 – Published in *Family Poultry*, 2007, Vol. 17, No. 1&2

M. DAHOUDA, S.S. TOLEBA, A.K.I. YOUSDAO, S. BANI KOGUI, S. YACOUBOU ABOUBAKARI and J.-L. HORNICK

Summary

A survey was conducted in Borgou department (northern Benin) to characterize Guinea fowl production systems in rural areas. A questionnaire was administered to 70 Guinea fowl keepers in order to collect information about Guinea fowl management and husbandry practices in the region. This activity was practised according to traditional management in Benin where free range is the most common system of rearing. Birds scavenged during the day while at night, keets and surrogate hens were housed in poor, cramped coops whereas adult Guinea fowls roosted on trees. No rational feeding system was practised. Guinea fowls gleaned grass seeds, vegetable leaves, insects, worms, bones and eggshells. Poultry received a supplement consisting of cereals and their by-products, e.g. sorghum (30.4%), maize (25.0%), rice (14.3%), maize bran (7.1%), kitchen waste (5.4%), sorghum bran (3.6%), millet (1.8%) and complete food (1.8%). Adult body weight was 1121 ± 100 g at 6 months and maximum growth rate of 10.2g/day was reached at four months. Point-of-lay was between 7 and 9 months. Local hens were used to incubate Guinea fowl eggs, and hatchability was 72.9%. The survey revealed that Guinea fowl productivity is low because of high keet mortality. Average keet mortality registered from 0 to 6 months was 48% (range 3 to 100%). Moreover, 74% of interviewed farmers reported that keet mortality constituted the major constraint to Guinea fowl rearing. Others reported constraints included keet weakness, poor quality of eggs, eggs hidden under brush, keets predation, poor housing and infestations. The size of the keet populations varied over the year with the highest proportion in June-July while the proportion of growers increased from September to January.

Keywords: Guinea fowl; productivity; traditional; scavenging; Benin; constraints

1. Introduction

Guinea fowl (*Numida meleagris*) is an important component of local poultry reared under extensive production systems in northern Benin. In Borgou region, a rural family owns on average 18 Guinea fowls (Laurenson, 2002). However, formal knowledge about traditional free-range Guinea fowl production is still limited despite the importance of its contribution to total rural poultry income. Apart from their main use as sources of income and protein, Guinea fowls also play an important role in the social life of many tribes in Benin such as the *Ditamari*, where they are exclusively used for their annual festival and offered to honoured guests (Dahouda, 2003). Compared to chickens, Guinea fowls are economically more suitable to tropical regions because of their adaptation to traditional breeding. They have a greater ability to survive under poor conditions of management than the exotic chickens (Agwunobi, 1984). They allow farmers to diversify and bring in cash mainly for eggs and sometimes meat because of its short cycle of production (Chrysostome, 1995, 1997; Mopate and Lony, 1998). Guinea fowl production represents therefore a commercial opportunity for rural and peri-urban farmers; their promotion is important in Benin.

This study aims to evaluate the Guinea fowl population and their productivity under traditional management in Borgou area as well as to identify the main constraints to their production.

2. Material and methods

The study was carried out in Parakou (Borgou Department, Northern Benin), characterized by soudano-guinean climate with a rainy season from April to October, reaching torrential levels in September. There is a dry season for the remainder of the year. Annual rainfall in the area varies from 900 mm to 1200 mm and extreme average temperatures are 30.8 °C in February (dry season) and 24.4 °C in August (rainy season). The vegetation is Savannah. An extensive mixed crop-livestock system is adopted by nearly 60 % of the population, with cotton as a cash crop, and maize and millet are grown for home consumption. The economy is essentially based on the agricultural sector. Rural families preserve a type of traditional exploitation characterized by a low output. The keeping of domestic animals, which plays an important role in families, represents only 6.2 % of the Gross Domestic Product (GDP).

Two methodological approaches were used in this study. Firstly, a transversal survey was performed on Guinea fowl productivity under scavenging management in 15 villages located in Parakou Communal area. The survey was carried out during three months and based on a questionnaire administered to 70 Guinea fowl keepers randomly chosen (Table 1). Secondly, a

longitudinal study concerned Guinea fowl growth performance and flock structure at rural farmer level.

The farms were visited every three days and the data collected including keets' live weight measured at days 1, 7, 14 and months 1, 2 up to 6, as well as breeders and flock size and composition. Appropriate balances were used for weighing the animals according to their age.

3. Results and discussion

3.1. Characteristics of Guinea fowl production under traditional management in Borgou area

The study revealed that men owned more Guinea fowl flocks than women (87 vs 13 %). Saina (2005) and Bounkougou (2005) found similar results in Zimbabwe and Burkina Faso, respectively. Ages of Guinea fowl keepers ranged between 25 and 60 years. Various Guinea fowl housings were observed during the present study. These coops were cramped, badly ventilated, dirty and did not ensure adequate protection against predators, exposing the animals to a high degree of hazard. Guinea fowl rearing is usually characterized by traditional management in Benin where the free-range is widely practised. This scavenging production system is similar to that adopted by smallholder poultry farmers in most sub-Saharan African countries (Idi, 1998; Dahouda, 2003; Saina, 2005). It is integrated with crop and livestock production where several poultry species are mixed (Bounkougou, 2005) predisposing animals to sickness. Overnight, keets with surrogate hens and chicks are housed in poor chicken coops, in kitchens or under a granary while adult Guinea fowls roost on trees during the night. In this context, they are difficult to capture and sometimes can escape and vanish in the brush as Guinea fowls are only partly domesticated. According to Bessin *et al.* (1998), 9 % of Guinea fowls in Burkina Faso are reared in a complete free-range management system while the others are housed in traditional (80 %) and modern (11 %) houses.

3.2. Feeding

As expected in traditional management, no rational feeding system was practised by the farmers from Borgou. They allowed the birds to scavenge for most of their feed around the village. Guinea fowls feed on a wide range of flora and fauna. Under the traditional free-range system, Guinea fowls are good scavengers and often cover a great distance from home in search of feed (Nwagu and Alawa, 1995). In addition to supplementary feedstuffs received from farmers, Guinea fowls scavenge for insects, worms, bones, eggshell, leaves and seeds. In Borgou area, vegetables leaves usually consumed are *Cyperus sp.*, *Amaranthus sp.*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria sp.* Or

Rottboelia cochinchinensis. Since Guinea fowls are mainly granivorous, *Rottboelia cochinchinensis*, *Sida sp.*, *Bracharia sp.*, *Boerhavia erecta*, *Panicum sp.* And *Casia occidentalis* seeds are also consumed (Dahouda, 2003). Ayorinde (1990) found that gizzards of Guinea fowl included, among other things, insects, leaves, seeds and worms. He observed also food variation depending on season, scavenging place, and nature and availability of feed supplements (Dessie and Ogle, 1997; Mwalusanya *et al.*, 2002; McAinsh *et al.*, 2004). The present study indicated that many farmers offered feed in the morning before scavenging, at midday and sometimes in the evening. Supplementary feed constituted of cereals and their brans – sorghum (30.4 %), maize (25.0 %), rice (14.3 %), maize bran (7.1 %), sorghum bran (3.6 %), millet (1.8 %), kitchen waste (5.4 %) or a complete feed (1.8 %). According to Bonkougou (2005) in the Sahelian region of Burkina Faso, sorghum is widely used at 45 %, followed by bran and millet respectively in the proportions of 21 % and 13 %. In Guruve District (Zimbabwe), Saina (2005) reported that only 42 % of the Guinea fowl owners provided small amounts of supplementary feed as crushed maize, millet or sorghum grains for keets and whole grains for growers and breeders. Farmers took special care of keets. Indeed, after hatching, 10.7 % of them distributed termites as a source of animal protein. *Figure 1* shows the daily frequency with which supplements were offered to Guinea fowls, i.e., twice a day (37 %), three times a day (33 %) and sporadically. Distribution time ranged from 06.30 h to 08.00 h, from 11.00 h to 14.00 h and from 18.00 h to 18.30 h. Percentage of farmers who gave supplement twice or trice a day was higher (70 %) than those who gave it once a day or sometimes less (30 %). A similar survey in Burkina Faso performed on 114 farmers showed that 16 % of them distributed supplements once a day, *vs* trice a day for 54 % (Bessin *et al.*, 1998). According to farmers, more feed was available for poultry after harvesting from December to February when grains could be scavenged by birds. Supplementation is sub-optimal and does not meet the bird's nutrient requirements and is used mainly to tame the birds. Most of the farmers (85 %) provided drinking water but only in the dry season. This is in line with observations of Bessin *et al.* (1998) and Oumarou (1997) who reported that Guinea fowls drunk water in ponds during the rainy season. In this experiment, the containers were occasionally cleaned (60.0%), never cleaned (3.3 %) or cleaned once a day (16.7 %), twice a day (3.3 %) and three times a day (16.7 %) by farmers. Poor water availability and quality may also contribute to reduced Guinea fowls' productivity.

3.3. Breeding

Most Guinea fowls started laying between March at the onset of the rainy season and September when the rain stops. Nevertheless, old Guinea hens began laying earlier in January or February. According to Ogwuegbu (1988), egg laying patterns of the semi-domesticated, helmeted Guinea

fowl are characterized by a peak of egg-laying in July (59 %), followed by June (18 %) and a minimum in September (0.8 %). No eggs were laid between October and March, i.e., during the dry season. According to farmers, the age at the first lay was between 7 and 9 months. Dahouda (2003) found that under improved conditions, point-of-lay began at 36 weeks with a breeding period of 25 weeks. In Burkina Faso, Hien (2002), studying the effect of prophylactic treatment on laying performance in confined birds, showed that egg production started at 31 to 36 weeks, depending on health. He reported a breeding period of 85 days. The age at point-of-lay observed in this study was in line with 32-36 weeks reported by Ogundipe (1976) in northern Nigeria under scavenging conditions. The breeding season was also similar to that reported by many authors (Ogundipe, 1976; Ayeni, 1980; Oguntona, 1982; Chrysostome, 1995; Laurenson, 2002; Dahouda, 2003). However, Ayorinde and Ayeni (1983) reported 26 weeks. It was also observed in some regions in Nigeria that laying continued all year around in a scavenging systems (Ayorinde and Ayeni, 1986). The survey also revealed that local hens were used to incubate Guinea fowl eggs and were preferred to Guinea fowl hens. The reasons for such choices by the farmers were reported by Obun (2004) who compared hatching and brooding with Guinea fowl and local hens. The author found that egg hatchability and keet survival were significantly higher ($p < 0.05$) with local hens (86.3 % and 84.1 % respectively) than with Guinea fowl (34.5 and 55.2 % respectively). Guinea fowl keepers reported that the incubated eggs came from the farm itself (79.9 %) or were purchased from other breeders (20.1 %), but rarely from the market. Market eggs are not usually incubated because of conditions of storage that can reduce egg fertility. Each hen incubated an average 14 ± 4 eggs. The average incubation time was 26 ± 2 days ($n = 74$ hens). This value is higher than the 24 ± 2 days reported by Obun (2004). Hatchability increased progressively from March and reached a maximum in June, before falling at the end of lay (October). Hatchability was 72.9 % and was higher than the 64 % reported by Saina (2005) in Zimbabwe, but lower than the 88 % reported by Binali and Kanengoni (1998). Chrysostome (1993) obtained the lowest rate (48 %), with eggs from farmers, against 35 % when eggs were purchased in the market, confirming the observation that eggs collected from markets are of lower quality. In village areas, Ayeni and Ayanda (1982) obtained values as low as 16.4 % during the wet season. Moreover, egg hatchability was lower at the beginning and at the end of the breeding period (*Figure 2*). The peak of hatchability was reached in June and July. A higher fertility and hatchability were also observed in June by Chrysostome (1993). According to Nwagu (1997), the main factors affecting hatchability are egg size, shell quality and variation in brooding temperature. Gordon and Jordan (1982) attributed early embryonic death to maladjustment at a critical period in the development of basic organs caused by jarring or prolonged storage, and to poor hygiene leading to egg infection, e.g. coliform bacteria. Average egg weight was 37.7 ± 5 g.

The mean value reported by Ogwuegbu *et al.* (1988) for the indigenous Guinea fowls was 34.5 g (range 26.8 to 42.5g). In Burkina Faso, Hien (2002) reported values ranging from 29.1 to 40.1 g. The monthly evolution of egg weight during laying period is shown in *Figure 3*. It shows that egg weight increased from laying onset in February during the dry season to reach a peak in September during the rainy season. Ogwuegbu *et al.* (1988), Hien *et al.* (2002) and Laurenson (2002) also observed that egg weight increasing with Guinea fowl age. Greater natural feed availability in the second part of the rainy season that coincided with the breeding period also contributes to increased egg weight. From those considerations, it is suggested that the first eggs, which are smaller and give weak keets, should not be used for breeding purpose.

3.4. Guinea fowl growth performance in rural area

Figure 4 shows average body weight of the animals during growing. The average body weight was 25.8 ± 3.2 g at hatching and reached 1121 ± 100.2 g at six months. The Guinea fowl is known for its slow growth rate when compared to chickens (Bokoungou, 2005). In Benin, Laurenson (2002) obtained a mean body weight of 1228 g at 7 months of age. It must be noted that in a trial carried out to measure the impact of management system on local Guinea fowl body weight, Dahouda (2003) did not find differences in body weight at six months of age between confined birds receiving a complete feed and scavenging birds. In the free-range systems, keets raised during the rainy season showed even higher mean body weights compared to those raised in confinement during the same period (Savadogo, 1995). In this last case, this could be attributed to beneficial effects of grass, vegetable matter and insects in scavenging groups (Bounkougou, 2005).

The growth rate was low at 1.7 g/d to 4.7 g/d during the first two weeks. A maximum value of 10.2 g was reached at 4 months and growth rate declined afterwards. Large variability was associated with live weight of the animals (Figure 4). This is confirmed by observations made by Mundra *et al.* (1993) who found a high body weight variability at four and eight weeks of age. Boixel (1984) suggested that heterogeneity in body weight was characteristic of Guinea fowl. This might be due to inbreeding observed under scavenging management.

3.5. Constraints to rural Guinea fowl production

All farmers reported that losses due to predators constituted a major constraint to Guinea fowl rearing. Predators quoted in decreasing order by farmers included snakes, hawks, shrews, dogs, pigs, ducks, cats and lizards (Figure 5). The main predators reported in traditional chicken

production in Zimbabwe were birds of prey, wild cats and domestic dogs, but also snakes and rats (McAinsh *et al.*, 2004).

Constraints reported by Guinea fowl keepers in the present study included high keet mortality, keet weakness, bad egg quality (especially eggs exposed to bad weather, according to 60% of the keepers), egg losses when layed in brush, loss of keets by predation, poor housing, infestations and intoxications. According to Ayeni and Ayanda (1982), the main constraints to Guinea fowl production in Nigeria included low hatchability, keet mortality, losses of eggs and animals because of scavenging, predator-associated losses, diseases, and food supply, particularly to keets. Elsewhere, a similar survey conducted in the Damongo area of Ghana reported high keet mortality, difficulty in sex determination and lack of a source of quality day-old keets. Other constraints included lack of nutrient requirement guidelines, egg losses during laying, nest changes, poor egg quality for hatching, and loss of keets due to predators or poor housing (Teye and Adam, 2000). The present survey revealed that keet mortality constituted the major problem and sometimes discouraged farmers; 74 % of the interviewees reported that important losses are found in the first month. Most of them are due to exposure to bad weather such as rain, cold or heavy dew, and probably also to parasites. Keets weakness just after hatching was also reported by farmers as a problem, 13 % of them estimated this as a serious problem causing mortality. While 4.3 % thought that, this was only a small problem contributing to mortality. Keets mortality from 0 to 6 months ranged from 3 to 100 %, with an average of 48 ± 30 %. This was lower than the 80% during the rainy season in traditional farms in Burkina Faso by Bessin *et al.* (1998). Ayeni and Ayanda (1982) were in line with our data but during cold season of Harmattan in Nigeria. In Benin, Laurenson (2002) found a global mortality rate of 70.6% ranging from 45.5 to 87.2 % depending on farmers management. In a similar survey, Dahouda (2003) recorded a mortality rate of 45 ± 30 % in traditional management.

Constraints to Guinea fowl production were thus multifactorial and frequently related to housing, hygiene and feed supply.

3.6. Sales and marketing

Guinea fowls were sold alive. Birds were marketed between 8 and 18 months of age. Sales of birds depended on cash needs and period of the year. Mean animal price in Parakou was 1630 FCFA (2.49 euros) and eggs were sold at 45 FCFA (0.07 euros). Celebrations such as Christmas, New Year, Tabaski, and Ramadan were periods of peak marketing. Transactions occurred either

on farm or at market. Belco (1985) observed that in Benin, Guinea fowls and eggs sales were an important farmers' strategy.

3.7. Flock composition

The longitudinal survey followed flock composition over 13 months as shown in *Figure 6*. The survey revealed that early in the breeding period (April, May), only adult Guinea fowl (breeders) and keets (0-2 months) were in the flock. Keets numbers dropped from October to March, so no hatching occurred from January to March. Guinea fowls are seasonal breeders, and laying occurs only during the rainy period of the year. The monthly keet population varied largely with the highest proportions of the flocks in June and July while the proportion of growers increased from September 2004 to January 2005. June and July 2004 showed a peak in hatching and the proportion of growers in the flocks was highest from September 2004 to February 2005. Before the next breeding season, some adults (> 6 months) were sold and a few birds were kept for breeding. Farmers reported that large Guinea flocks are difficult to check because of scavenging. When females are numerous, nests are difficult to find when laying start. Thus, important number of animals and eggs are lost.

4. Conclusions

This study revealed that many factors limit Guinea fowl production under smallholder conditions, including housing, feed supply, keets' mortality, parasites, egg losses and egg quality owing to inadequate storage. Keet mortality from 0 to 3 months was high and constituted the major factor limiting Guinea fowl productivity. Poor food supply is a serious problem in rural areas because supplementation does not cover the animals' nutrient requirements. Poor housing and hygiene and difficulties in gathering of the chicks at different ages contribute to low production. To increase Guinea fowl productivity in rural areas, it is essential to provide a chicken coop. This constitutes the first protection against predators and inclement weather. The farmer should aim to better manage keets by limiting the scavenging area which is a source of many losses. Regular feed supply has to be provided, particularly to keets that require a high-protein diet in the starting period (during the first 4 weeks). Eggs must be handled with care and diligence to avoid exposing them to sun and rain. Finally, prophylactic and sanitary programs must be considered, focussing again on keets, to prevent coccidiosis and intestinal parasites.

5. Acknowledgements

The authors are indebted to the farmers who willingly provided the required information. This study was made possible through support provided by the Directorate General for International Cooperation (DGIC) of Belgium and the Belgian Technical Cooperation (BTC).

6. References

- AGWUNOBI, L.N. (1984) Protein and energy requirements of broiler Guinea fowl as compared broiler chicken. M.Phil. Thesis, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
- AYENI, J.S.O. (1980) The biology and utilization of helmet Guinea fowl (*Numida meleagris galeata pallas*) in Nigeria. Ph.D. Thesis, Ibadan, Nigeria.
- AYENI, J.S.O. and AYANDA, J.O. (1982) Studies on husbandry production and social acceptance of Guinea fowl in Nigeria. *Bull. Anim. Hlth. Prod. Africa* 30(2): 139-148.
- AYORINDE, K.L. (1990) Problems and prospects of Guinea fowl production in the rural areas of Nigeria. In: *Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa* (Sonaiya, E.B., Ed.), Ile Ife, Nigeria, 106-115.
- AYORINDE, K.L. and AYENI, J.S.O. (1983) Comparison of the performance of indigenous Guinea fowl (*N. meleagris galeata*) and imported stock (*Numida meleagris meleagris*) in Nigeria. *KLRI Annual Report*, 170-182.
- AYORINDE, K.L. and AYENI, J.S.O. (1986) The reproductive performance of indigenous and exotic varieties of the Guinea fowl (*Numida meleagris*) during different seasons in Nigeria. *J. Anim. Prod. Res.* 6(2): 127-140.
- BELCO, L.B.K. (1985) Contribution à l'étude des modes actuels et de l'importance socio-économiques de l'élevage de pintade au Bénin. Thèse de Diplôme d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin, Cotonou, Bénin, 143p.
- BESSIN, R., BELEM, A.M.G., BOUSSINI, H., COMPAORE, Z., KABORET, Y. and DEMBELE, M. A. (1998) Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 51(1): 87-93.
- BINALI, W. and KANENGONI, E. (1998) Guinea fowl production. A training manual produced for the use by farmers and rural development agents, Agritex, Harare, 35 pp.
- BOIXEL, M. (1984) Alimentation du pintadeau. *Bulletin des G. T. V.*, 2, 23-34.

- BONKOUNGOU, G.F.X. (2005) Characteristics and performance of Guinea fowl production under improved and scavenging conditions in the Sahelian region of Burkina Faso. M.Sc. Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, 68 pages.
- CHRYSOSTOME, C. (1993) Possibilités et problèmes liés à l'élevage de la pintade en milieu villageois. Production avicole villageois en Afrique. In: International workshop, Rabat (Morocco), 7-11 May 1992, 57-65.
- CHRYSOSTOME, C. (1997) Utilisation des termites pour le démarrage des pintadeaux: expérimentation d'alimentation en milieu rural. Atelier radar et Assemblée Générale, M'Bour, Sénégal, décembre 1997, 117-124p.
- CHRYSOSTOME, C. (1995) Méthode de développement de l'élevage au Bénin. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris, France, **190 p.**
- DAHOU DA, M. (2003) Elevage de la pintade locale dans le Département du Borgou au Bénin: comparaison des caractéristiques de production en station et en milieu rural. Mémoire de DEA, Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège, Belgique, 35 p.
- DESSIE, T. and OGLE, B. (1997) Nutritional status of village poultry in the central highlands of Ethiopia as assessed by analyses of crop contents and carcass measurements. In: Integrated Farming in Human Development (Dolberg F. and Petersen P.H., Eds.). Proceedings of a Workshop at Tune Landboskole, 25-29 March 1996, Denmark, 74-92.
- GORDON, R.F. AND JORDAN, F.T.W. (1982) Poultry diseases. 2nd Ed. Bailliere Tindall, London, 11-197.
- HIEN, O.C., BOLY, H., BRILLARD, J.P., DIARRA, B. and SAWADO GO, L. (2002) Effets des mesures prophylactiques sur la productivité de la pintade locale (*Numida meleagris*) en zone sub-humide du Burkina Faso. *Tropicultura* 20: 23-28.
- IDI, A. (1998) Peasant practices in traditional poultry farming in Niger. *INFPD Newsletter*, 8 (3): 2-4.
- LAUREN SON, P. (2002) Détermination des paramètres zootechniques de la pintade de race locale dans la région du Borgou (Bénin). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique, 81 p.
- McAINSH, C.V., KUSINA, J., MADSEN, J. and NYONI, O. (2004) Traditional chicken production in Zimbabwe. *World's Poult. Sci. J.*, 60: 233-246.

- MOPATE, L.-Y. and LONY, M. (2002) Enquête sur les élevages familiaux de poulets dans la zone N'Djamena rural, Tchad. International Network for Family Poultry Development Newsletter. [en ligne] (sans date) Adresse URL: www.fao.org/livestock/agap/lpa/fampo1/infpd84f.htm (consulté le 13/11/2002).
- MUNDRA, B.L., RAHEJA, K.L. and SINGH, H. (1993) Genetic and phenotypic parameter estimates for growth and conformation traits in Guinea fowl. *Indian J. Anim. Sci.* 63(4): 445-450.
- MWALUSANYA, N.A., KATULE, A.M., MUTAYOBA, S.K., MTAMBO, M.M.A., OLSEN, J.E. and MINGA, U.M. (2002) Nutrient status of crop contents of rural scavenging local chickens in Tanzania. *Br. Poult. Sci.* 43(1): 64-69.
- NWAGU, B.I. And ALAWA C.B.I. (1995) Guinea fowl production in Nigeria. *World's Poult. Sci. J.* 51: 261-270.
- NWAGU B.I. (1997) Factors affecting fertility and hatchability of Guinea fowl eggs in Nigeria. *World's Poult. Sci. J.* 53: 279-285.
- OBUN, C.O. (2004) Hatching and brooding of Guinea fowl (*Numida meleagris galeata pellas*) egg using local hen. *Global J. Agric. Sci.* 3(1&2): 75-77.
- OGUNDIPE, S.O. (1976) The raising of Guinea fowl. AERLS Extension Guide 83, Poultry series 10, AERLS, ABU, Zaria.
- OGUNTONA, T.A. (1982) Commercialization of Guinea fowl. *West Africa. J. Anim. Prod., March/April*, 52-54.
- OGWUEGBU, S.O., AIRE, T.A. and ADEYEMO, O. (1988) Egg-laying pattern of the semi-domesticated helmeted Guinea fowl (*Numida meleagris galeata*). *Br. Poult. Sci.* 29: 171-174.
- OUMAROU, A. (1997) La pintade, oiseau de bonheur. [en ligne] (juin 1997) Adresse URL: www.francophonie.org/syfia (consulté le 12/11/2002).
- SAINA, H. (2005) Guinea fowl (*Numida meleagris*) production under smallholder farmer management in Guruve district, Zimbabwe. M.Phil. Thesis, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zimbabwe, 108 p.
- SAVADOGO, A. (1995) Contribution à l'amélioration de l'élevage de la pintade (*Numida meleagris*) au Burkina Fao. Mémoire de fin d'études, Université de Ouagadougou, IDR, Ouagadougou, Burkina Faso, 102 p.
- TEYE, G.A. and ADAM, M. (2000) Constraints to Guinea fowl production in Northern Ghana: A case study of the Damongo area. *Ghana J. Agric. Sci.* 33: 153-157.

Table 1: Relevant informations collected from a transversal study (70 keepers) performed in Parakou farms

Farmer identification	Name, age, sex, locality, ethnic group
Management	Traditional vs modern, free-range, semi-scavenging or confining
Feeding system	Supplementation or not, timing, feed types (leafs, seeds, termites), water hygiene
Breeding	Mating ratio, age at first laying, time points of laying, number of eggs incubated, number of hatched eggs, average number of eggs laid per female, incubation dates, hatching dates,
Flock structure	Size, classes (keets, growers...)
Sales and marketing	Prices, ages, marked periods, profits
Constraints to breeding	Keets (mortality, weakness, predation), eggs (quality, losses), intoxications...

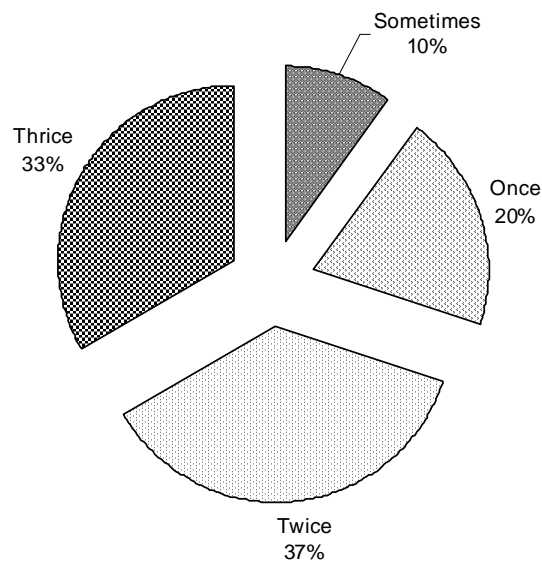


Figure 1: Frequency of daily feed supplementation

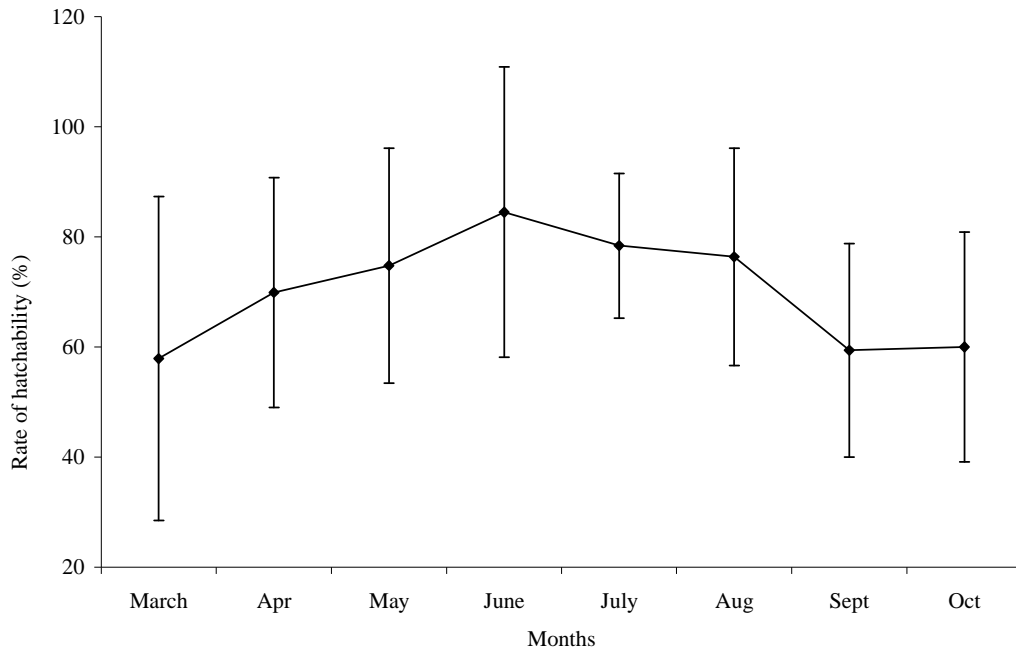


Figure 2: Monthly rate of guinea fowls eggs hatchability in Parakou rural area

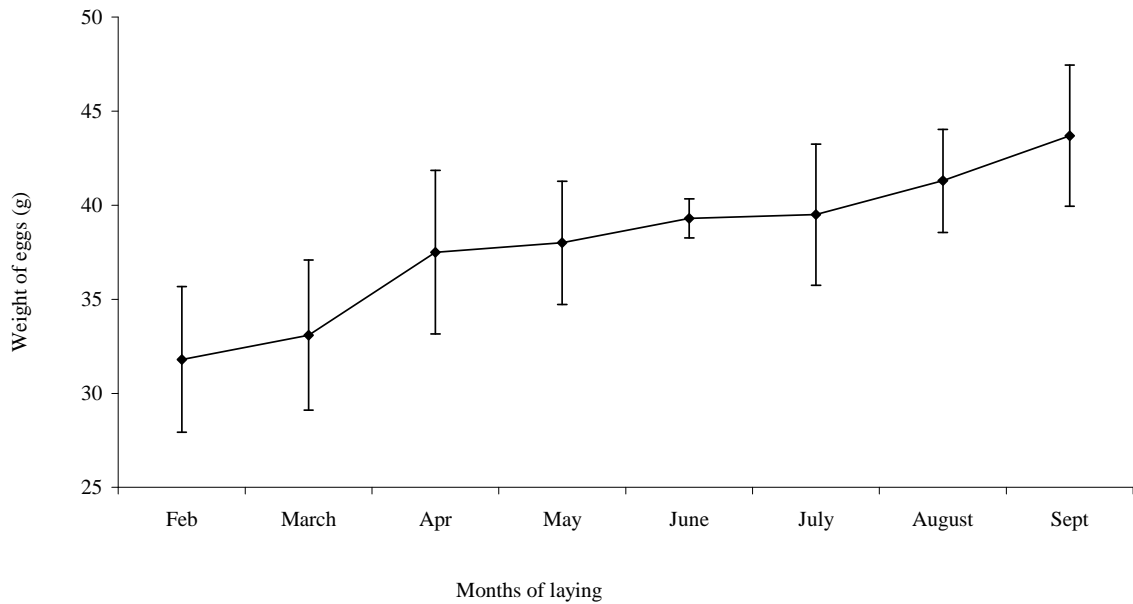


Figure 3: Average weight of eggs collected in Parakou farms

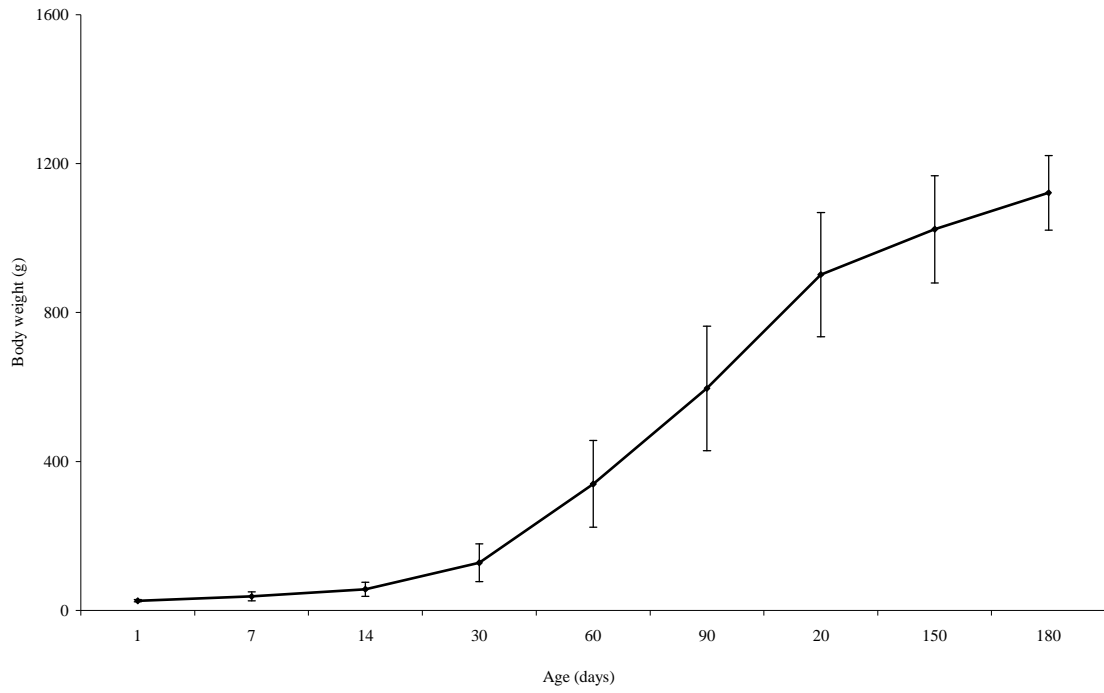


Figure 4: Average (and SD) weight of guinea fowl until six months

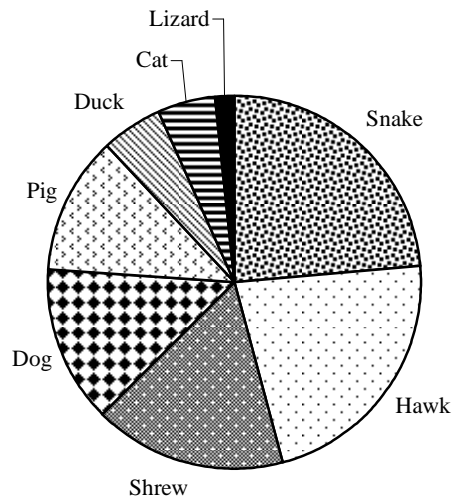


Figure 5: Keets predators in rural farms of Parakou

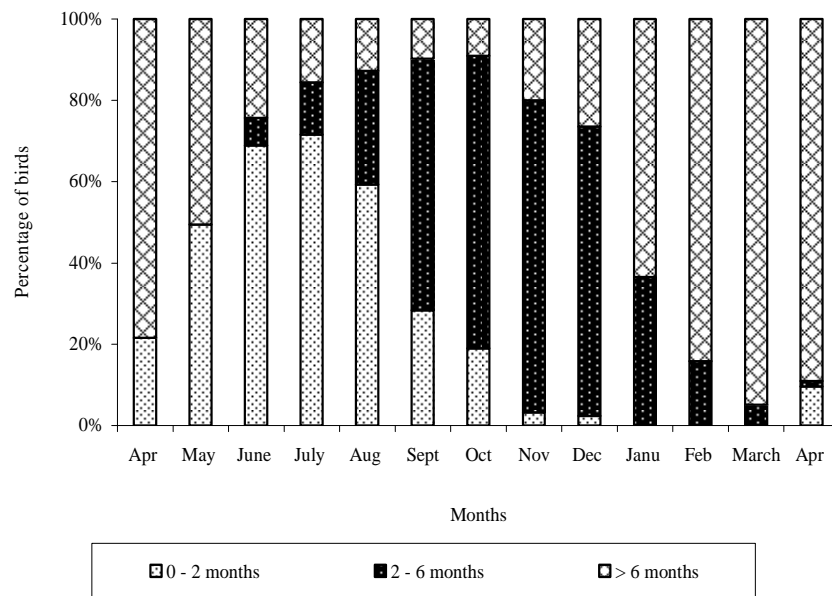


Figure 6: Average percentage and composition of live guinea fowls flock during the 2004 to 2005 breeding season

Comparaison des caractéristiques de production de la pintade locale (*Meleagris numida*) en station et dans le milieu villageois en zone soudano-guinéenne du Bénin

Paper 3: Published in *Livestock Research for Rural Development*, 20 (12), 2008

M Dahouda, M Senou, S S Toléba, C K Boko, J C Adandédjan et J L Hornick

Résumé

Les caractéristiques de production de l'élevage de la pintade ont été étudiées dans le département du Borgou situé dans la zone soudano-guinéenne au Nord-Est du Bénin. Des pintadeaux et des reproducteurs ont été élevés dans des conditions améliorées de station et en milieu rural. Dans ces dernières conditions, un lot témoin et un lot ayant reçu un traitement anti-parasitaire ont été suivis afin d'apprécier l'effet de ce traitement. En station, l'indice de consommation (IC) et le gain quotidien moyen (GQM) des pintadeaux ont été respectivement de 8,8 et 5,68 g/jour.

Les poids vifs moyens à 6 mois d'âge ont été respectivement de 1151 g et 1085 g pour les mâles et les femelles. Chez les reproducteurs élevés en station, la maturité sexuelle a été atteinte à 36 semaines d'âge. L'intensité de ponte saisonnière chez ces dernières a été de 37,2 % avec un pic de 65 % et un poids moyen des œufs de $41,1 \pm 4,1$ g. Les contraintes liées au mode en claustration sont l'étouffement, le stress et le picage.

En milieu rural, le taux d'éclosion moyen a été de 70 %. Les taux de mortalité et les poids adultes n'ont pas montré de différence significative entre les animaux traités et non traités. Le taux de mortalité moyen observé chez les pintades traitées ou non en milieu rural a été de 50 %. En dehors des affections, de la pluie et du froid, les prédateurs ainsi que la fragilité des animaux se sont révélés être les principales causes de mortalité chez les pintadeaux. Le poids moyen des oiseaux à six mois a été plus élevé dans le milieu rural qu'en station.

Mots-clés: Croissance, éclosion, gain quotidien moyen, incubation, indice de consommation, mortalité, ponte

1. Introduction

L'élevage de la volaille occupe une place importante dans les systèmes traditionnels de production des régions sèches et sub-humides de l'Afrique. Cette spéculation est idéale pour les petits agriculteurs, eu égard aux faibles besoins individuels des animaux ainsi qu'au faible coût des investissements car l'élevage est souvent extensif (Guèye 1998). L'élevage de la pintade en particulier, est une activité importante en aviculture, surtout dans les régions sèches de l'Afrique (FAO 1992). En raison de la forte demande existant sur le marché, le prix de vente de cet animal est beaucoup plus élevé que celui du poulet. La pintade a aussi une meilleure capacité à digérer les fourrages verts et est très habile pour chasser des insectes et trouver des graines. Enfin, elle se protège mieux contre les prédateurs et résiste davantage aux maladies communes des volailles, telle que la maladie de Newcastle (Mishra et al 2002). Au Bénin, la plus grande partie de l'effectif national se trouve concentré au nord du pays, où la majorité des familles rurales possède en moyenne 18,2 têtes de pintades. Dans cette région, 32 % des pintades et 25 % des œufs produits sont vendus tandis que 33 % et 30 %, respectivement, sont consommés par le producteur et constituent ainsi une source protéinique et de revenus non négligeables pour la famille. Le reste des animaux est soit gardé pour la reproduction, soit mort (Laurenson 2002). La mortalité des pintadeaux dans les élevages ruraux est ainsi évaluée à 60 % des effectifs (Laurenson 2002). Le mode de conduite des animaux, l'alimentation et la mortalité juvénile sont des éléments déterminants qui influencent la productivité des pintades, d'où la nécessité d'améliorer les conditions d'élevage de cette espèce.

L'objectif de cette étude préliminaire est de décrire deux situations extrêmes : l'élevage extensif de la pintade en milieu rural et l'élevage en milieu contrôlé où les animaux bénéficient d'une alimentation équilibrée, d'un habitat adéquat et de soins vétérinaires.

2. Matériels et méthodes

2.1. Site expérimental

Les études ont été réalisées à Parakou dans le Borgou, situé au Nord-Est du Bénin entre 8°45' et 12°30' de latitude Nord et 2° et 3°15' de longitude Est. Le climat est du type continental soudano-guinéen avec alternance d'une saison sèche marquée par l'harmattan et une saison des pluies. La saison des pluies s'étale entre avril à octobre, avec des pluies torrentielles en août. La saison sèche couvre le reste de l'année. La pluviométrie annuelle est comprise entre 950 et 1200 mm. Au cours de l'année, la température varie entre 18 et 36 °C (moyenne annuelle 28 °C) et l'humidité relative entre 15 à 97 % (moyenne annuelle de 70 %).

2.2. Elevages

Les essais en claustration ont été réalisés à la station expérimentale de l'Université de Parakou du 16 juin 2002 au 01 février 2003. Quarante pintadeaux non sexés ont été obtenus d'une incubation d'oeufs provenant d'un lot de femelles élevé en station. Ils ont été élevés sur une litière en copeaux de bois, à raison de 3 pintadeaux par m². Les oiseaux ont été éjointés le 16^{ème} jour. Ils disposent également d'un parc grillagé de 8m x 4 m, sur une hauteur de 2 m. Le local des pintadeaux a été chauffé par une éleveuse électrique de type radian jusqu'à ce que les animaux atteignent l'âge de 2 mois. Les compositions centésimales des aliments utilisés au cours de l'essai sont indiquées dans le tableau 1.

Les valeurs bromatologiques des aliments ont été calculées à partir des recommandations de la FAO (1992) et de Sales Du Preez (1997). Ces valeurs correspondent aux besoins de croissance des pintadeaux et des femelles en ponte. Les transitions alimentaires ont été réalisées sur des périodes de 2 jours. Les oiseaux ont été abreuvés *ad libitum* et nourris une fois par jour, à 9 heures. Les refus d'aliment et d'eau ont été pesés le lendemain avant le nouveau service. Le poids des pintadeaux en croissance a été déterminé individuellement à l'aide de pesons adaptés, (précision de 1 % ou moins) à la naissance, à 15 jours, puis mensuellement jusqu'à 6 mois.

Les performances de ponte ont été enregistrées sur un lot de 20 reproducteurs (14 femelles et 6 mâles). Les reproducteurs ont été élevés dans un local séparé de celui des pintadeaux à raison de 3 reproducteurs par m². Ils ont été pesés au début et à la fin de la ponte, soit aux 36^{ème} et 62^{ème} semaines. Les œufs du jour ont été systématiquement pesés. Les oiseaux ont été soumis à un programme sanitaire qui s'est déroulé comme suit: de la naissance à 5 jours, les pintadeaux reçoivent de l'eau contenant de l'Oxyfuran 4[®] (Laprovét France, 1 g/l). Aux jours 13, 44 et 89, un vaccin anti-Newcastle (Pestos[®], Rhone-Mérieux) leur est administré via l'eau de boisson. Un anti-stress (Olivitasol[®], Vetoquinol, 30g/100 pintadeaux pendant 5 j) leur est servi dans l'eau de boisson avant et après les manipulations (vaccinations, pesées). Des prélèvements hebdomadaires de matières fécales ont été effectués afin de décider ponctuellement des traitements anti-coccidiens (1ml/l d'eau de boisson de Baycox 2,5%[®], Bayer Allemagne, pendant deux jours). Les traitements contre les parasites gastro-intestinaux ont été également administrés à raison de 1,2 g de Mébenvet 5 %[®] (Laprovét) par kg d'aliment pendant 7 jours.

Parallèlement, 13 élevages traditionnels situés autour de Parakou ont fait l'objet d'un suivi pendant 14 mois, soit de février 2002 à mars 2003. Ces élevages ont été repartis en deux groupes : sept élevages ont reçu un traitement anthelminthique mensuel à base de chlorhydrate de

lévamisole 20% (Levalap, 1g par litre d'eau de boisson). Les autres élevages n'ont reçu aucun déparasitant. Des prélèvements hebdomadaires de fientes ont été effectués afin de déterminer les fréquences d'occurrences des parasitoses chez les animaux élevés en divagation en milieu rural. Des pesées mensuelles individuelles ont été effectuées et les mortalités enregistrées au sein de chaque élevage. L'identification des oiseaux a été basée sur leur appartenance à une couvée. L'origine des œufs mis à la couvaison et le type de couvaison ont été notés. Les taux d'éclosion et les durées des incubations ont été également mesurés. L'alimentation des pintades élevées en divagation était constituée des compléments de céréales distribués par les éleveurs et de divers aliments consommés sur les parcours. Les pintades ont été suivies sur ces parcours pour identifier les principaux aliments consommés.

2.3. Analyses statistiques

Les performances de croissance telles que le poids vif et le gain moyen quotidien (GMQ) des pintadeaux élevés en station ont été analysées à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (SAS, 1999). Les facteurs considérés dans le modèle d'analyse statistique étaient : le sexe, le jour de pesée et l'interaction sexe x jour de pesée. Une structure de covariance autorégressive de type 1 a été utilisée pour les jours de pesées (les classes de jours de pesées). En outre, les poids des reproducteurs au début et à la fin de la période de ponte ont été comparés à l'aide du test de Student.

En milieu rural, les performances moyennes de croissance (GMQ) par couvée ont été analysées à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (SAS, 1999) en considérant comme facteur de variation : le traitement, la classe de jour de pesée, l'élevage niché au sein du traitement et l'interaction traitement x classe de jour de pesée. Une structure de covariance autorégressive de type 1 a été utilisée pour les jours de pesées. Les fréquences d'occurrences des parasitoses chez les jeunes et les adultes recevant ou non un traitement antiparasitaire ont été comparées à l'aide du test Chi carré. L'analyse par comparaison des courbes de survie chez les groupes traités et non traités en milieu rural a été réalisée à l'aide de la procédure PROC LIFEREG du logiciel SAS (SAS 1999).

3. Resultats

3.1. Performances de croissance et de ponte en station

Le taux de mortalité des pintadeaux a été de 12,5 % en moyenne en station. Les causes de mortalité ont été l'étouffement (50 %), la proventriculite (22 %), le stress (5,6 %), le picage (5,6

%) et autres causes non identifiées. Le tableau 2 donne les poids vifs des pintades élevées en station, les GMQ, les consommations alimentaires et les indices de consommation au cours de l'essai.

La croissance des pintadeaux a été similaire entre les mâles et les femelles ($P>0,05$) du démarrage jusqu'à 4 mois d'âge. Un poids supérieur des mâles a été observé au 5^{ème} mois d'âge ($P<0,05$). A la fin de l'expérimentation, les poids des deux sexes ont été similaires ($p>0,05$). La vitesse de croissance moyenne pour les deux sexes a été de 2,66 g/j au cours des deux premières semaines de croissance pour atteindre sa valeur maximale à la fin du 3^e mois d'âge, soit 8,81 g/j. Un ralentissement important de la croissance a été observé au cours du 6^e mois d'âge (1,93 g/j). La moyenne enregistrée sur toute la période de la croissance a été de 5,68 g/j. Les consommations alimentaires ont évolué de 7,30 g/j à de 46,18 g/j par animal, respectivement pour les périodes de démarrage (0 et 15 jours d'âge) et de fin de croissance (entre 5 à 6 mois d'âge). L'indice de consommation a été de 8,85 en moyenne sur toute la période de croissance, les meilleurs valeurs ayant été enregistrées au cours des trois premiers mois après la naissance (2,8 – 4,7). Après cette période, une augmentation assez importante de ce paramètre a été notée pour atteindre une valeur maximale au cours du 6^{ème} mois d'âge. L'augmentation de cette valeur au 6^{ème} mois serait la conséquence du ralentissement de la croissance au cours de cette période.

L'âge à la maturité sexuelle a été atteint chez les femelles à 36 semaines d'âge avec un poids moyen de 1220 ± 97 g en début de ponte et de 1286 ± 140 g en fin de ponte. Les évolutions des taux de ponte et de l'indice de consommation au cours de la période de ponte sont indiquées dans la figure 1.

La ponte a été saisonnière et se limite exclusivement à période des pluies (mars à septembre). Les consommations d'aliments et d'eau durant la ponte ont été respectivement de 57 ± 5 g et de 157 ± 22 ml par jour. L'indice de consommation moyen enregistré sur toute la période de ponte a été de $5,3 \pm 4,89$ kg d'aliment /kg d'oeuf. Il a atteint 2,4 kg/kg durant les périodes de fortes intensités de ponte. Le taux moyen de ponte hebdomadaire durant cette période a été 37,2 % avec un pic de 65,3 % situé à la 9^{ème} semaine de ponte. Une chute sensible a été observée après 19 semaines. La production d'œufs a été en moyenne de $67,8 \pm 2,57$ œufs par femelle, le poids moyen d'un œuf étant de $41,1 \pm 4,1$ g.

3.2. Performances en milieu rural

Les éleveurs suivis possédaient des poulets, parfois des canards ou des dindons, élevés en association avec les pintades. Certains éleveurs distribuaient en supplément des grains de céréales (mil, sorgho, maïs, riz etc.) ou laissaient à la disposition des animaux des fragments de termitières avant la divagation. Pendant la divagation, les animaux se nourrissaient de feuilles, de graines de végétaux divers, des graines de céréales, ainsi que de produits animaux divers (insectes, vers, etc.). Dans ces conditions, les poids vifs des pintades ont passé de $26,03 \pm 27,36$ g à la naissance à $1221,42 \pm 106,55$ g à six mois d'âge dans le groupe vermifugé et, de $21,15 \pm 12,90$ g à l'éclosion à $1006,81 \pm 30,52$ g à six mois d'âge au niveau des animaux non traités. Le tableau 3 montre l'évolution du poids vif dans les deux groupes, les moyennes de groupes étant calculées à partir des moyennes des lots au sein de chaque exploitation.

Une croissance similaire a été enregistrée entre les deux lots d'animaux au cours du premier mois de croissance, mais une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre les oiseaux vermifugés et les oiseaux non vermifugés (contrôles) à partir du 2^{ème} mois d'âge jusqu'à la fin de 6^{ème} mois d'âge. Le traitement anthelminthique aurait été bénéfique pour les animaux déparasités. Dans les élevages ruraux, les coprologies ont révélé que l'ascaridiose (68 %), la syngamose (47 %) et la capillariose (40 %) étaient les parasitoses dominantes chez les animaux non déparasités (Tableau 4).

Les fréquences d'infestation de ces parasites étaient significativement plus élevées dans les élevages non traités que dans les élevages traités ($p < 0,001$) montrant ainsi l'efficacité des médicaments utilisés sur les parasitoses. Par contre, aucune différence significative n'a été observée pour les autres espèces de parasites étudiées (*Capillaria*, *Railletina* et *Heterakis*). L'analyse des courbes de survie (Figure 2) n'a montré aucune différence significative entre les animaux traités et non traités dans le milieu rural ($p < 0,36$).

Cependant, la probabilité de survie a été numériquement meilleure chez les animaux traités en comparaison avec les oiseaux témoins. La probabilité de survie après un an a été d'environ 25 % dans le groupe témoin. La chute de la probabilité de survie a été la plus importante durant les 50 premiers jours de vie au cours desquels, un taux de mortalité de près de 50 % a été observé. Au-delà de cette période critique, les chances de survie n'ont diminué que d'environ 2 % par mois. Si les cas de mortalité ont été enregistrés tout au long de l'année, ils ont cependant été plus fréquents en avril et entre août à octobre, un pic ayant été constaté aux mois d'avril (Figure 3).

Les causes de mortalité dans le système traditionnel étaient : la fragilité des pintadeaux (27,7 %), les pertes au cours de la divagation (19,3 %), les tueries par les poules, les canards ou les accidents (16,8%), les prélèvements par les prédateurs (5,4 %), la pluviosité excessive (7,2 %), les intoxications (5,4 %) et les autres causes non identifiées (18,1 %).

Le nombre moyen d'œufs couvés par les femelles a été de 14 ± 4 œufs et, les incubations étaient réalisées généralement par les poules (95,5 %) ou rarement par les pintades (3,4 %) ou les canes (1,1 %). Le poids moyen des œufs des pintades du milieu rural a été de $37,7 \pm 5$ g. La durée moyenne d'incubation a été de 26 jours. Le taux global d'éclosion enregistré a été de 70 %.

4. Discussion

Les pathologies ont manifestement un effet significatif sur le peu de succès des élevages traditionnels de pintades, même s'il n'y a pas d'évidence montrant l'influence positive du traitement anti-parasitaire réalisé en milieu rural. Des prélèvements ponctuels ont révélé la présence de plusieurs agents pathogènes responsables des salmonelloses, des colibacilloses, de la syngamose, de l'ascaridiose, de la capillariose, *etc.* Ces mêmes pathogènes intestinaux avaient été également trouvés chez les pintades locales au Nigeria par Nwagu et Alawa (1995). Si les soins vétérinaires ont sans doute eu un effet bénéfique sur la survie des pintadeaux en station, on peut cependant s'étonner du fait que les oiseaux traités à l'aide d'anthelminthiques en milieu rural n'aient pas exprimé de meilleures chances de survie que les oiseaux non traités. On ne peut exclure un problème de résistance des parasites aux anthelminthiques utilisés dans le cadre de la présente étude. Toutefois, on peut supposer que les causes non infectieuses ont probablement joué un rôle amplificateur dans l'incidence des mortalités.

Les chances de survie dans l'environnement rural des oiseaux affaiblis par une pathologie ou se trouvant déjà dans un état fragile à l'éclosion, sont particulièrement compromises par les facteurs tels que les prédateurs, la rigueur du climat, les intoxications *etc.*, comme l'ont rapporté les éleveurs, particulièrement chez les oiseaux appartenant à la tranche d'âge de 0 à 1 mois. Les taux de mortalité ont effectivement été plus élevés pendant les mois les plus humides (avril et entre juin et octobre) qui sont aussi les plus froids. Des contraintes similaires ont été identifiées dans d'autres pays, par les éleveurs ruraux, par exemple au Ghana (Teye et Adam 2000), au Burkina Faso (Bessin et al 1998). La plupart des cas de mortalité enregistrés en milieu rural ont été observés durant les deux premiers mois de vie des animaux. Les pintadeaux sont plus fragiles et plus sensibles aux pathologies pendant cette période où des dispositions particulières doivent être

prises pour leur élevage (un habitat adéquat, une alimentation équilibrée, un suivi sanitaire rigoureux et efficace etc.).

Les mortalités dues aux autres causes inhérentes à l'élevage en libre divagation – pertes en divagation,....par les fortes pluies, prélèvement des prédateurs, tueries par les autres espèces, intoxications – restent importantes. Ceci explique sans doute la différence particulièrement marquée des taux de mortalité entre le milieu contrôlé (12 %) et le milieu rural (40 % et plus) de 0 à 6 mois d'âge. Le faible taux de mortalité en milieu contrôlé montre l'avantage de ce système d'élevage. Il convient toutefois de signaler, que les mortalités enregistrées dans le système d'élevage en claustration permanente, peuvent être engendrées par l'étouffement, le picage et le stress qui sont liés au confinement.

Des résultats des travaux, il ressort que les performances de croissance des oiseaux élevés en station n'ont pas été meilleures comparativement aux pintades du milieu rural, bien que les aliments utilisés en station soient conformes aux recommandations de la FAO (1992), de Larbier et Leclercq (1992) et de Sales et Du Preez (1997). Ceci pourrait s'expliquer par le faible potentiel de croissance du matériel animal utilisé en station ou probablement par la consanguinité, ou par le stress lié à la claustration et à la température trop élevée. Rappelons par ailleurs, qu'Ayorinde et Ayeni (1987) avaient aussi souligné que la croissance des pintades est perturbée dans les situations d'énervement, de stress et de confinement. D'autre part, les oiseaux élevés en milieu traditionnel ont le libre choix des aliments. En cas de disponibilité et de diversité alimentaire, le comportement sélectif des aliments chez les pintades en libre divagation, pourrait représenter un avantage comparatif par rapport aux oiseaux élevés en captivité étroite. Ce constat pourrait indiquer que l'optimisation de la ration chez la pintade, une espèce dont la domestication est plus récente selon l'horloge historique des animaux d'élevage, comparée aux espèces apparentées, n'est pas encore complètement maîtrisée. En effet, il est fort possible, que les pintades élevées en milieu traditionnel disposent d'autres ressources alimentaires animales ou végétales ou minérales encore non identifiées et dont les équivalents en termes de protéines, de vitamines et de sels minéraux soient absents ou insuffisants dans la ration administrée aux pintades élevées en station. Cette hypothèse évoque la nécessité de conduire des recherches complémentaires sur les besoins spécifiques de la pintade en matière d'alimentation. En attendant que cette hypothèse soit confirmée ou infirmée, l'élevage en semi liberté semble être un compromis entre les deux extrêmes (claustration *versus* libre divagation) décrites dans le cadre de la présente étude. Il permettrait une économie de nourriture et le respect de bien être des pintades. Les pintades sont en effet bien adaptées pour valoriser les ressources alimentaires, même limitées, dont elles disposent

dans leur environnement (Agwunobi et Ekpenyong 1990). Les infrastructures leur laisseraient d'autre part une plus grande liberté de mouvement et contribueraient à mieux les protéger contre les prédateurs.

Une faible croissance pondérale est caractéristique de la pintade locale. Dans des conditions similaires de confinement et d'alimentation, un poids moyen identique, soit $1126,5 \pm 148,1\text{g}$ a été obtenu pendant les mêmes périodes de croissance (Laurenson 2002). Cette performance est également en accord avec le poids obtenu par Ayeni (1983) qui est de 1,2 kg chez des pintades élevées en captivité. Des écarts de poids importants ont été observés au sein des groupes de pintades, ce qui dénote une forte variabilité individuelle au sein des pintades élevées en milieu traditionnel, mais aussi une diversité managériale au niveau des exploitations suivies dans le cadre de la présente étude. L'indice de consommation moyen et la vitesse de croissance enregistrés chez les pintades élevées en station sont proches des valeurs obtenues au Nigeria par Ayorinde et Ayeni (1987) chez des pintades âgés de 12 à 20 semaines d'âge.

La pintade étant réputée mauvaise couveuse, l'incubation et l'élevage des pintadeaux s'effectuent souvent par des poules dominantes (FAO 1992). La durée moyenne d'incubation de 26 jours observée dans le milieu rural a été plus courte que la valeur de 28 jours rapportée par Chrysostome (1993) en station. Cette différence pourrait être attribuée au fait que la durée d'incubation dans le milieu traditionnel ne tient pas compte de l'âge des œufs au ramassage tandis que en station, la durée d'incubation compte à partir du jour de ponte. Le taux d'éclosion moyen enregistré (70 %) se situe dans le même ordre que celui trouvé (86,3 %) par Obun (2004). La maturité sexuelle a été atteinte à 36 semaines d'âge en station avec un cycle de ponte de 25 semaines. Les résultats de la présente étude sont sensiblement proches des ceux obtenus au nord du Nigeria qui est de 32-36 semaines pour l'entrée en ponte des pintades. Les nombres moyens d'œufs collectés (68 œufs/femelle/saison de ponte en station) se situent dans l'intervalle de 60 à 90 œufs par femelle indiqué par Ayorindé (1991), avec des femelles de race locale dans des conditions d'élevage intensif. Le taux de ponte obtenu présentement en station (37,2 %), avec un pic de 65 %, a été beaucoup plus élevé et justifie l'importance des conditions d'élevage améliorées dans le cadre de cet essai. En station et en milieu rural, les pontes ont été concentrées pendant la saison des pluies, conformément à ce qui est rapporté dans la littérature (Oguntona 1988, FAO 1992). Plus précisément, Ogwuegbu et Adeyemo (1988) ont trouvé dans une expérience réalisée au Nigeria, que la production mensuelle d'œufs est positivement corrélée avec la pluviométrie moyenne mensuelle et l'humidité relative mais négativement corrélée avec l'intensité de la lumière et la température moyenne.

5. Conclusion

L'élevage de la pintade, aussi bien en milieu rural qu'en station, pose de nombreuses contraintes auxquelles des solutions adéquates doivent être apportées. L'une des contraintes majeures de cet élevage est son mode de conduite. Les problèmes liés à l'élevage en claustration sont liés au stress et aux risques d'étouffement tandis que dans les élevages en liberté, des mortalités massives sont observées chez les jeunes de 0 à 2 mois, en raison des pluies intenses et du froid, des pathologies, essentiellement d'origine parasitaires, et probablement d'une alimentation inadéquate.

Du point de vue de la croissance pondérale, les pintades élevées en milieu traditionnel ont été plus performantes que celles élevées en station. Ce résultat pourrait indiquer que la valorisation de la ration alimentaire des pintades élevées en station n'est pas encore maîtrisée.

6. Remerciements

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à tous les éleveurs de pintade de la région de Parakou qui ont spontanément adhéré à cette étude et à la Coopération Technique Belge pour son soutien financier.

7. Références bibliographiques

- Agwunobi L N and Ekpenyong T E 1990 Nutritive and economic value of guinea fowl (*Numida meleagris*) production in developing countries. *Journal of Science of Food and Agriculture* 52: 301-308.
- Ayeni J S O 1983 Studies of grey breasted helmet Guinea fowl (*Numida meleagris galeata Pallas*) in Nigeria. *World's Poultry Science Journal* 39: 143-151
- Ayorinde K L 1991 Body weight increase of indigenous pearl guinea fowl in Nigeria through crossbreeding. *British Poultry Science* 32: 295-301
- Ayorinde K L and Ayeni J S O 1987 Effect of management systems on the fattening of indigenous pearl guinea-fowl (*Numida meleagris galeata Pallas*) in Nigeria. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 64: 185-187
- Bessin R, Belem A M G, Boussini H, Compaore Z, Kaboret Y and Dembele M A 1998 Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Fasso. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux* 51: 87-93
- Chrysostome C 1993 Possibilités et problèmes liés à l'élevage de la pintade en milieu villageois. *Production avicole villageois en Afrique*. In: International workshop, Rabat (Morocco), 7-11 May 1992, 57-65

- FAO 1992. Atelier Régional sur le développement de l'Élevage de la pintade en régions sèches africaines, tenu à Ouagadougou (1992), [volumes](#) 1 et 2. Rome, Italie, 125 p
- Guèye E H F 1998 Village egg and fowl meat production in Africa. *World's Poultry Science Journal* 54: 73-86
- Larbier M and Leclercq B 1992 Nutrition et alimentation des volailles. INRA Editions : Paris, France 355 p.
- Laurenson P 2002 Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou (Bénin). Mémoire d'Ingénieur agronome, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux : Gembloux, Belgique, 81 p
- Mishra S, Kataria J M, Sah R L, Verma K C and Mihra J P 2002 Studies on the pathogenicity of Newcastle disease virus isolate in guinea fowl. *Tropical Animal Health and Production* 33: 313-320
- Nwagu B I and Alawa C B I 1995 Guinea fowl production in Nigeria. *World's Poultry Science Journal*, 51:261-270.
- Obun C O 2004 Hatching and brooding of Guinea fowl (*Numida meleagris galeata pellas*) egg using local hen. *Global Journal of Agricultural Sciences* 3 (1 and 2): 75-77
- Oguntona T 1988 Studies on different phase feeding program for growing guinea-fowls (*Numida meleagris*). *Nutrition Reports International* 37: 773-778
- Ogwuegbu S O, Aire T A and Adeyemo O 1988 Egg-laying pattern of the semi-domesticated helmeted guinea fowl (*Numida meleagris galeata*). *British Poultry Science* 29: 171-174
- Sales J and Du Preez J J 1997 Protein and energy requirements of the pearl grey guinea fowl. *World's Poultry Science Journal* 53: 381-385
- SAS Institute 1999 SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, (Cary, NC, SAS Institute Inc.)
- Teye G A and Adam M 2000 Constraints to Guinea fowl production in northern Ghana: A case study of the Damongo area. *Ghana Journal of Agriculture Science* 33: 153-157

Tableau 1. Compositions centésimales et valeurs bromatologiques des aliments utilisés pour les animaux en croissance et les reproducteurs en station expérimentale

Matières premières	Démarrage	Croissance	Finition	Ponte
Maïs	37	55	61,55	47
Soja grillé	14	12	8	8
Tourteaux d'arachide	17	15	8	7
Lysine de synthèse	0,45	-	-	-
Méthionine de synthèse	0,35	0,1	0,15	0,1
Farine de poisson	10	8	5	6
Son de blé	18,5	7,5	15	23
Coquilles d'huître	1,25	0,9	1	6
Phosphate bicalcique	0,9	0,7	0,5	2,1
Prémix 0,25%	0,25	0,5	0,5	0,5
Sel de cuisine	0,3	0,3	0,3	0,3
TOTAL	100	100	100	100
<i>Valeurs bromatologiques</i>				
EM (kcal/kg)	2902	2914	2910	2604
PB (%)	23,3	20,3	16,3	16,1
Lysine (%)	1,53	1,11	0,81	0,83
Acides aminés soufrés (%)	1,04	0,76	0,69	0,64
Ca (%)	1,24	1,01	0,86	3,13
P (%)	0,53	0,41	0,32	0,67

Tableau 2. Performances zootechniques des pintadeaux élevés en station

Âge	Poids (g)				P>F	GQM (g/j)	IC	Consommations Individuelles (g/j)
	Nombre	Mâles	Nombre	Femelles				
1 jour	18	22,78±1,97a	22	23,09±1,52a	0,9890			
15 jours	18	66,65±17,78a	22	59,45±11,40a	0,8178	2,66	2,75	7,30
1 mois	18	141,72±49,99a	21	150,05±51,84	0,8965	5,45	4,81	21,21
2 mois	18	440,0±120a	19	400±118,9a	0,0951	8,61	3,63	32,07
3 mois	18	686,7±155,7a	19	695±156,9a	0,7455	8,81	4,69	41,36
4 mois	18	846,1±146,7a	18	830,6±141,5a	0,6919	4,16	10,04	41,77
5 mois	18	1106,7±104,6a	17	1011,8±81,2b	0,0149	6,43	8,06	51,81
6 mois	18	1150,6±107,6a	17	1084,7±73,9a	0,0852	1,93	23,88	46,18

Les moyennes d'une même ligne ayant des lettres distinctes, sont significativement différentes (P>0,05).

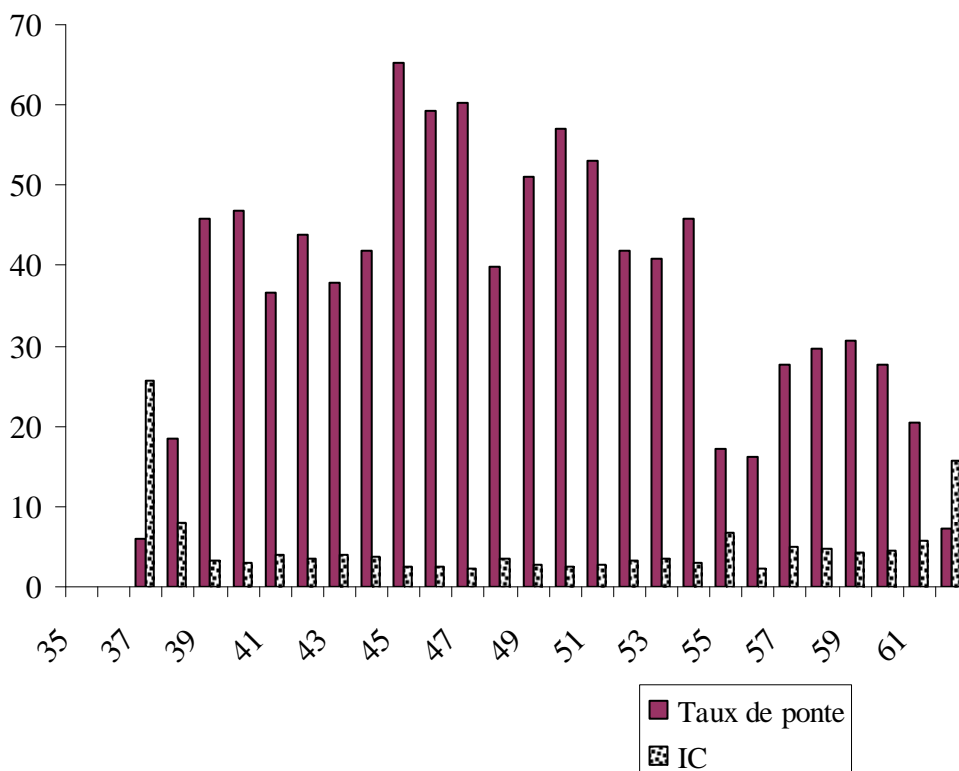


Figure 1. Evolutions des taux de ponte et de l'indice de consommation au cours de la période de ponte

Tableau 3. Performances de croissance chez les pintades traitées ou non dans le milieu rural

Ages	Pintades		Pintades non		Probabilités P>F
	déparasitées		déparasitées		
	Poids (g)	SD	Poids (g)	SD	
1 jour	26,03a	27,36	21,15a	12,90	0,8721
1 mois	56,03a	27,97	49,98a	14,21	0,2601
2 mois	149,68a	30,47	124,50b	15,01	0,0002
3 mois	417,19a	29,50	333,49b	16,59	0,0001
4 mois	662,59a	30,28	571,54b	18,64	0,0001
5 mois	936,52a	36,15	826,73b	22,68	0,0001
6 mois	1221,42a	59,44	1006,81b	30,52	0,0001

Les moyennes d'une même ligne ayant des lettres distinctes, sont significativement différentes (P>0,05).

Tableau 4. Les fréquences d'occurrence des parasitoses chez les pintades traitées ou non élevées dans le milieu rural

Parasites	Fréquences d'infestation des pintades déparasitées	Fréquences d'infestation des pintades non déparasitées	Probabilités P>F
<i>Ascaridia</i>	18%a	68%b	0,0001
<i>Syngamus</i>	23%a	47%b	0,001
<i>Coccidies</i>	9%a	23%b	0,009
<i>Capillaria</i>	28%a	40%a	0,083
<i>Railletina</i>	2%a	2%a	0,9
<i>Heterakis</i>	0%a	3%a	0,8

Les moyennes d'une même ligne ayant des lettres distinctes, sont significativement différentes (P>0,05).

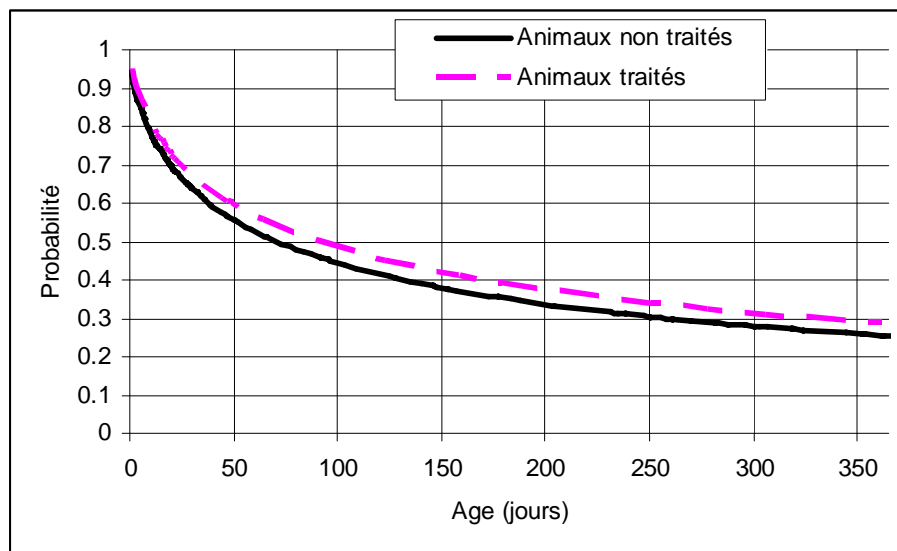


Figure 2. Probabilité de survie en milieu rural des pintades traitées ou non à base d'anthelminthique au cours de leur première année de vie, en fonction de leur âge

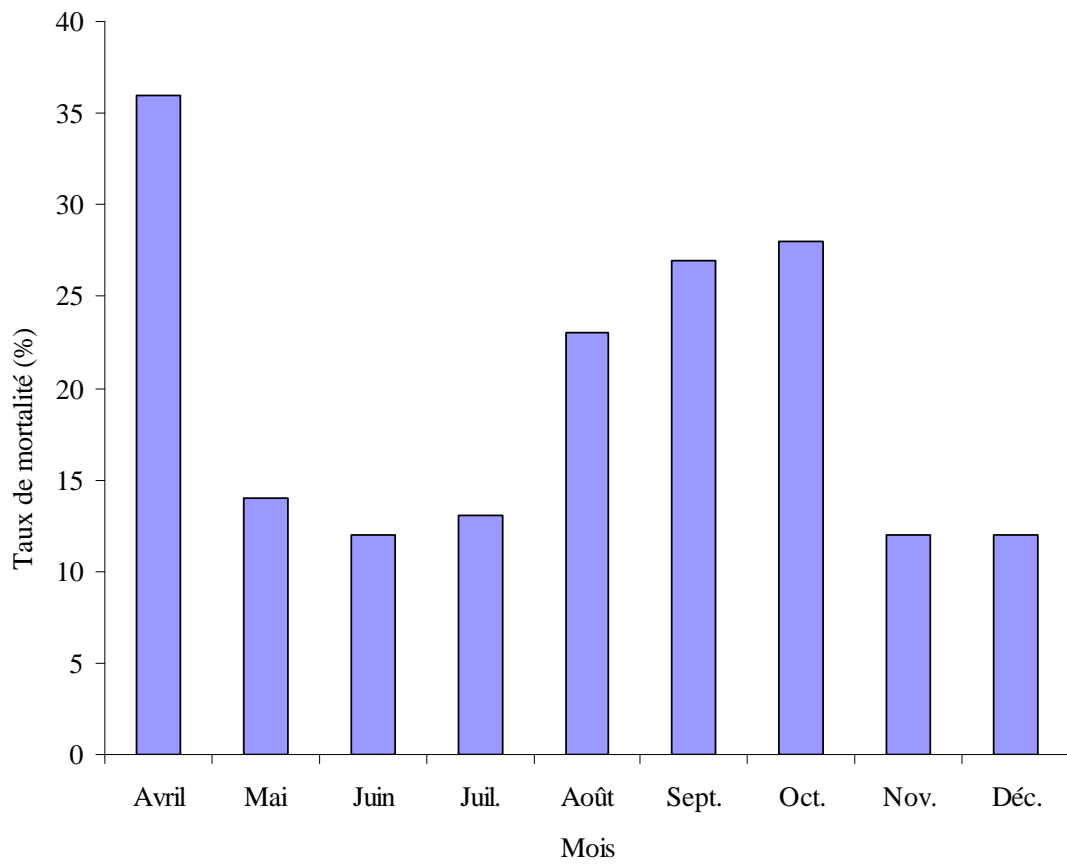


Figure 3. Evolution mensuelle des taux de mortalité des pintadeaux élevés dans le milieu rural

Chapitre III

Etude de contenu de jabot

Seasonal variations in the crop contents of scavenging Helmeted Guinea Fowls (*Numida meleagris*, L) in Parakou (Benin)

Paper 4 – Published in *British Poultry Science*, nov 2008, 49:6, 751 – 759

M. Dahouda, S.S. Toléba, A.K.I Youssao, A. A. Mama Ali, A. Hambuckers and J-L. Hornick

Abstract

An experiment was carried on with 120 helmeted guinea fowls during one year in Parakou (Benin). Feed intake, ingredient and chemical composition, along with the nutritional adequacy of scavenging diets were measured during the rainy season (March-October) and dry season (November-February) in order to propose supplementation strategies. Ingredients found in crops were identified and allocated into six main categories (supplemental feed, seeds, green forages, animal materials, mineral matter and unidentified materials). Mean dry weight of crop contents were significantly higher in rainy than in dry season ($P < 0.001$). Amounts and proportions of supplemental feed and seeds were not significantly different between seasons, whereas those of green forage, animal materials and mineral matter were higher ($P < 0.05$) in rainy season. Supplemental feed, especially maize and sorghum, was the largest component of the crop content in both seasons. The most represented grass seeds were *Panicum maximum* (rainy season) and *Rottboellia cochinchinensis* (dry season). Dietary concentrations in organic matter, non-nitrogen extract and metabolizable energy were higher in dry season ($P < 0.05$), while mineral concentrations were higher in rainy season ($P < 0.05$). There were no significant differences between the two seasons in dry matter, crude protein and crude fibre. Scavenging provided insufficient nutrients and energy to allow guinea fowls to be productive. Therefore more nutritionally balanced supplementary feed would be required during both seasons.

1. Introduction

Rural poultry production plays important roles in human nutrition, gross national product, employment and income generation in developing countries. Particularly, the importance of poultry as a source of revenue for landless and marginal farmers, especially women, has become more widely recognised (Rashid, 2003). In Benin, farmer's revenue and protein intake depend strongly on poultry production. Both traditional and commercial poultry contribute to 2.4 % in agricultural income and represent the second source of meat, beside beef (MAEP, 2005). In Borgou department (northern Benin), the helmeted Guinea fowls (*Numida meleagris*, L.) is the poultry species of predilection for poor farmers, of which 70 % are keepers (Dahouda, 2003).

In Benin, traditional poultry rearing is characterized by free-range system, in which birds have to scavenge to find most of their feed (Dahouda *et al.*, 2007). As reported by Pousga *et al.* (2005), the production output in this rearing system is low because of poor genetic potential of the birds, inadequate feeding and management, and harsh environmental conditions. Most of the birds are kept in small flocks (5 to 20 birds) and feed resources are household refuse, homestead pickings, crop residues, herbage, seeds, green grasses and other small plants, earthworms, insects and small amounts of supplemental feed offered by the flock owner (Rashid, 2003). A previous survey (Dahouda *et al.*, 2007) in Borgou area to characterize guinea fowl production system also showed that feed supplementation with cereals (mainly sorghum and maize) and their by-products is practised.

Attempts to adjust feed supplementation should take into consideration what the birds get from scavenging sources when considering their probable nutrient requirements. However, the scarcity of information on the quantity and quality of feeds consumed by scavenging birds makes it difficult to achieve this objective. It therefore becomes necessary to find out the levels of energy and protein requirements of scavenging birds, and to determine the nutrient composition of their feed (Rashid, 2003), in order to develop supplements for highly productive scavenging birds. Also, the assessment of resources available from range, pasture or yard should be of benefit for all poultry systems that involve some degree of scavenging (Sonaiya, 2004).

Several studies focused on chicken in various tropical countries (Gunaratne *et al.*, 1993; Huque, 1999; Mwalusanya *et al.*, 2002; Tadelle *et al.*, 2002; Olukosi and Sonaiya, 2003; Rashid, 2003; Pousga *et al.*, 2005; Minh *et al.*, 2006) but other species like guinea fowl are little studied.

Thus, the objectives of this study were to identify feedstuffs scavenged by guinea fowl in the traditional system, assess seasonal variations in the amounts and quality of feeds consumed, and to propose feed supplementation strategies to meet the nutrient requirements of these animals.

2. Material and methods

2.1. Characteristics of the study area

The study was carried out from July 2005 to June 2006 in Parakou (Borgou department, northern Benin), located between 9°21' latitude N and 2°36' longitude E, at an altitude of 350 m above sea level. Borgou zone is characterized by a soudanean climate with rainy season (RS) from April to September, reaching torrential levels between July and September, and a dry season (DS) the remainder of the year. Annual rainfalls were 857 mm in 2005 and 947 mm in 2006. Mean temperature was 28.3 °C in 2005 (29.1 °C for the dry season and 27.5 °C for the rainy season), and 28.6 °C in 2006 (29.4 °C for the dry season and 27.8 °C and for the rainy season). The typical vegetation is savannah, characterised by abundant short grasses of 1.5-2 m with small areas of forest. Vegetation is dominated by *Combretaceae* and *Mimosaceae* woodland or single trees with perennial grass layers of *Andropogon gayanus* (sandy soils), *Loudetia spp.* (laterite, glacies) and *Hyparrhenia spp.* (moister sites).

Economy of the region is essentially based on agricultural sector. Rural families preserve a type of traditional exploitation characterized by a low output. Extensive mixed crop-livestock system is adopted by near 60 % of the population, with cotton as cash crop and maize, yam and sorghum cultivation for home consumption. Staple crops (maize, sorghum and yam) are normally harvested from November to January. Livestock, which has an important role in agricultural activities of families, represents 69 % of bovine, 60 % of poultry and 33 % of sheep-caprine national population. Guinea fowl is generally an important component of poultry (MAEP, 2005) and its rearing is usually characterized by traditional management where the free-range is widely practised. It is integrated with crop and livestock production where several poultry species are mixed. As expected in traditional management, no rational feeding system is practised by the farmers from Borgou. They allow the birds to scavenge around the village where they eat a wide range of flora and fauna. Previous study indicated that many farmers offer feed made of cereals and their brans in the morning before scavenging, at midday and sometimes in the evening (Dahouda *et al.*, 2007).

2.2. Samplings

At the end of each months for 12 months, ten guinea fowl mixed sex (from 8 to 12 months old), were purchased from farmers at Woré, Kpassagambou, Komiguia, Maréborou, Boko, Sirarou, Tamarou and Kika near Parakou, for crop content collection. The birds were directly trap-caught from the households in the evening between 5.00 p.m. and 7.00 p.m. - at the end of the daily scavenging - and were weighed alive. They were then slaughtered by cervical rupture and immediately sent to the Agronomic Laboratory of Parakou. They were eviscerated and crop contents were collected and sun-dried individually for about 2 hours to avoid putrefaction. Batches were then sent to Cotonou and placed in an oven at 60 °C during 72 hours. Thereafter, batches contents were weighed using an electronic balance (± 0.01 g). Food items were then visually identified, separated into 31 sub-categories and weighed. The sub-categories were then grounded, excepted big grit (> 5 mm diameter).

2.3. Chemical analysis

The monthly crop contents were analysed for their proximate composition (AOAC, 1990) on dry matter (DM) basis (method no. 934.01) for organic matter (method no. 942.05), ether extract (method no. 920.39), crude fibre (CF, method no. 978.10), and ash (method no. 942.05). Crude protein was determined by the Kjeldahl method, as nitrogen (N) x 6.25. Nitrogen non-extract was calculated as: $(1,000 - CP - NDF - ash - ether\ extract, \text{ fractions being expressed as g/kg})$ (NRC, 2001). Calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), zinc (Zn) and copper (Cu) were determined by atomic absorption and potassium (K) and sodium (Na) by flame emission. Total phosphorus (P) was determined by spectrophotometry. Sample solutions were prepared using wet digestion procedure.

Metabolizable Energy (ME) was calculated by an indirect method, using the following equation (INRA, 1984): $\text{True ME (Mj / kg DM)} = (3951 + 54.4 \text{ EE} - 88.7 \text{ CF} - 40.8 \text{ ash}) * 0.004184$

2.4. Statistical analysis

The animal weights and crop contents were compared according to a one-way ANOVA, using the month as factor of variation. The amounts of ingredients found in the different crops were firstly summed by sub-categories and by season in order to calculate the trivial percentages in the DM crop content.

Owing to their typical Poisson distribution, the amounts of crop constituents in each sub-category were analysed using the GENMOD procedure of SAS (1999) which computes a Poisson regression. The high frequency of very low values required to aggregate ingredients into 6 categories (Supplemental feed, Seeds, Green forages, Animal materials, Mineral matter and Unidentified materials) and to express data in decigrams. Rounded values were preserved for statistical analysis. This method allowed using significant integer numbers in the model. Consequently, the model 1 was:

$$\text{Log}(Y_{ijk}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

where : Y_{ijk} = content of category, i ($i=1$ to 6); month, j ($j=\text{January-December}$); bird, k .

μ = overall mean, α_i = effect of the ingredient category i , β_j = effect of the month j , $\alpha\beta_{ij}$ = effect of the ingredient category i and month j , ε_{ijk} = residual effect associated with the log model. The effect of animal within the months was found to be insignificant, thus not included in the model. Contrasts were performed to compare values between categories and between months.

For model 2, total crop content (dg dry weight obtained in oven) of the animal was used as offset variable, allowing to model the dependant variable as a rate “category content/total crop content”. The corresponding results are thus expressed as g/kg. Similar contrasts as model 1 were used in model 2. The results were used to draw Figure 2.

In models 3 (absolute content) and 4 (rates), similar procedure was used but month and ingredient category x month effects were replaced with season (dry or wet) and ingredient category x season effects. The results were used to compute totals in Table 1.

3. Results

3.1. Animals and physical composition of crop content

The evolutions of live weight and crop content dry weight over the 12 mo experiment are given in Figure 1. The live weights of the birds did not change notably during the year and were similar when considering the seasons (1138 ± 142 g vs 1197 ± 129 g in DS and RS respectively). By contrast, the dry weight of crop content was significantly higher in the rainy season (26.8 ± 15.9 g vs 15.3 ± 8.6 g, $P < 0.01$) and especially low from December to March.

Together, Supplemental feed and Seeds accounted for 14 g or 900 g/kg of crop content during DS (approximately 7 g or 450 g/kg each vs 0.5 g or 20 g/kg for the 3 minor constituents Green forages, Animal materials and Minerals, $P < 0.05$) and for 19 g or 700 g/kg (about 9.5 g or 350

g/kg each vs 2 g or 100 g/kg respectively, $P < 0.05$) during the RS (Table 1). During RS, Minerals proportion was the highest among the minor constituents ($P < 0.05$). Unidentified feeds were found in negligible proportions (less than 10 g/kg). Supplemental feeds, Grass seeds and Unidentified materials levels were not significantly different between seasons ($P > 0.05$). By contrast, Green forages (especially Grass leaves), Animal materials (mainly arthropods and earthworms) and Minerals were significantly more abundant in RS than in DS. During DS, the main components in supplemental feed were *Zea mays* and *Sorghum bicolor* while during RS, *Oryza sativa* was also notably found. Seeds were mainly represented by *Rottboellia cochinchinensis* and, to a lesser extent, by *Eleusine indica* during DS. During RS, *Panicum maximum* and *Rottboellia cochinchinensis* were the main components of this category.

Figures 2a to 2f show the monthly crop changes in feed category levels or dry weight proportions in the course of the experiment. Significant effects for category ($P < 0.001$) and interaction of category x month ($P < 0.001$) were observed. Supplemental feed amounts varied largely and ranged from about 5 to 15 g according to the month. The proportions of Supplemental feed reached a maximum close to 500 g/kg during DS and values as low as 200 g/kg during RS. August was however characterised by high values, similar to that observed during DS. Grass seeds levels were high during the second half of the RS, with values ranging from about 10 to 15 g. From September to April, a regular decrease was observed, up to values close to 0. From May, values increased and reached about 15 g in June. Grass seeds proportions remained generally centred on 300-400 g/kg excepted in April where values approached 0. Most of the time, the remainder feed categories were found in markedly lower quantities and the relative levels were enough closely related to absolute levels. Grass forages were mainly observed during the RS, especially in July (7 g, i.e. about 200 g/kg), the values remaining close to 0 (lesser than 50 g/kg) during the DS. Animal materials and Mineral matter showed similar evolution as Grass forages. The former category reached a peak (6 g or 160 g/kg) in June, while the levels of the latter remained close to 4 g or 150 g/kg during the RS but May. Unidentified material levels did not show noticeable contrasts and remained as lower as 1 g.

3.2. Chemical composition

Chemical composition of the collected crop contents, according to the seasons are given in Table 2. The DM concentrations in OM, EE, NNE and ME were significantly higher in DS ($p < 0.05$) when compared to RS, while Ca, P, Na, Fe, Zn and Cu levels were higher during RS where Ash reached 250 g/kg. Figure 3 and 4 show changes in CP and ME, Ca and P in the course of the year.

A plateau in ME was observed from November to February, values decreasing on either sides of this period and reaching a minimum around June. Fluctuation in CP content was observed, increased from September to reach high value in April. Phosphorus did not change notably in the course of the year while Calcium showed lower values in July and from October to February (less than 1 g/kg DM at minimum levels *vs* about 3 g/kg otherwise).

4. Discussion

4.1. Physical composition of crop contents

Seasonal effects on poultry crop content weight have been reported elsewhere. Lower crop contents in DS when compared to RS were reported by Minh *et al.* (2006) in scavenging chicken (7.4 g in the DS and 14.9 g in RS). Rashid *et al.* (2005) indicated values of 15.2 ± 3.7 g and 18.4 ± 5.8 g respectively in the non-harvesting and the harvesting period. Only Pousga *et al.* (2005) found that the mean crop content weight in poultry was higher in the dry season compared to the rainy season but attributed this result to the higher prevalence of disease during the rainy season, mortgaging the scavenging capacity of the animals.

The lack of significant differences in live weight between DS and RS could be surprising, all the more so higher crop content dry weights were observed during RS. This suggests some steadiness in the daily energy intake of the animals according to the season. In RS, guinea fowl diet was characterized by higher amounts of fresh products, by a higher diversity, but also by high levels of undesired minerals (silica contamination). By contrast, in DS, factors such as seasonal burning, vegetation drying out and insect rarefaction decreased the resources availability but the proportion of supplemental feeds (mainly cereal grains) remained high and accounted for about half the dietary energy intake of the animals. Scavenging feed resources thus relate largely upon agricultural human activities or human food leftovers. In particular, maize and sorghum supplementation is routinely practised in Borgou department (Dahouda *et al.*, 2007). Moreover, the period of high grains availability (from November to February) corresponds to the harvesting time in this region. In RS, guinea fowl feed depended more on scavenging (650 g/kg) but so-considered diet supplementation remained significant (350 g/kg) and even tended to be quantitatively higher. The second important resource (Grass seeds) was associated to pure scavenging activity, without human intervention. Other authors, such as Tegene (1992), observed that the mean percentage of seeds in chicken crop contents was high during the dry months in southern Ethiopia, owing to the low available plants at this period. Minh *et al.* (2006) found in northern Vietnam that 240-380 g/kg of the crop contents of scavenging hens were household

waste. Similar observations have been reported by Sonaiya (2004) in Nigeria where the household refuse made up to 640 g/kg of the crop content. Our results are also in agreement with the findings of Tadelles and Ogle (2000), who observed in Ethiopia that the mean percentage of plant materials in the village poultry crop contents was the highest during RS (June to September). Supplemental feed and Seeds are thus clearly two pillars on which Guinea fowls rely to ensure their dietary requirements.

On a dynamic point of view, Supplemental feed was variable between months and did not change significantly between seasons. By contrast, Seeds showed similar seasonal values but monthly availability appeared closely related to rainfall. Indeed, from September – that coincides with flowering and rippling - to April, a straight decrease in crop Seeds was observed, reflecting the ground impoverishment for this feed. Some grass species (such as *Panicum maximum*, *Brachiaria ruziziensis* and others) start flowering earlier in the rainy season, explaining permanent seeds presence during the rainy season. The higher levels of Green forages in the crop of guinea fowl during the rainy season and particularly in April, May and July stemmed from an increased availability of plant materials in RS, and particular abundance of green shoots which are palatable to the birds. The values reported in Table 1 refer to dried material. The probable very low dry matter content of green shoots in RS suggests that their volumetric contribution was marked. Similar conclusions may be drawn for animal materials. Whatever, the low proportion of legume by-products or animal materials found in this experiment suggests that diet of fowls contained limiting protein levels.

In other respects, grit and sand proportions were surprisingly higher in RS than in DS. This can be attributed to the fact that plant leaves and others resources were fouled with sand in the RS. Guinea fowl usually ingest wet sand or sand mixed with insects such as termite or earthworm after a rainfall (personal observation). Rainy season coincides to laying period when guinea fowl hens need more minerals, particularly calcium and phosphorus to meet their laying requirements. Therefore, high grit and sand intake during RS could be considered as an attempt of the animal for increasing their mineral intake.

Finally, feed availability, quality and frequency depend on the year period. During RS, the supply of ingredients was more diversified, particularly in Animal materials and Green forages, while in DS, animal feeding depend on 2 main ingredients, i.e., Supplemental feed and Seeds.

4.2. Chemical composition of crop contents

Chemical composition of crop contents varied significantly with seasons, according to differences in physical quantities and nutritional qualities of scavenging feed resources. Similar observations were also reported by Goromela *et al.* in 2006. Crude protein and crude fibre were however unaffected. This explains probably the discrete or lack of effects of the season on live weights.

ME of crop content was lower during RS which was clearly associated with higher ash content and presumably higher mineral intake. Minh *et al.* (2006) calculated crop content values of 11.37 and 12.05 MJ/kg DM for DS and RS, respectively. These values are fairly similar to ME found in the present experiment during DS and could meet requirements of guinea fowl fed on an *ad libitum* basis, according to INRA (1984) values. By contrast, ME was below requirement in the course of RS. However, *ad libitum* feeding status was probably not encountered in this study. Indeed, during RS, DM feed intake was higher than during DS (26.8 ± 15.9 vs. 15.3 ± 8.6 g DM) and in spite of lower energy density during RS, energy intake was higher (0.23 vs 0.18 MJ). In what proportion the crop contents measured contributed to daily energy really ingested by the animals is also questionable. Assuming ME for maintenance close to $0.44 \text{ MJ} \times \text{metabolic weight (MW)}$, animals maintenance requirements was about $0.44 \times 1.2^{0.75}$, *i.e.*, 0.50 MJ. If we suppose that the animals were at least in steady state conditions, as suggested by the lack of weight differences between months, their maintenance requirements were covered. Consequently, crop contents measured represented about one-third to one half of the material really ingested, according to season. Since crop contents were obtained from fowls captured at the end of the afternoon, one can suppose that they represented the intake activity from afternoon. It is not excluded that composition of the samples differed from the morning, when insects, *e.g.*, are more active. Whatever, any productivity is hard to obtain in such conditions. For optimum egg production and growth, ME supplementation is thus required, as well as during DS than during RS. If we assume that egg gross energy is close to 0.21 MJ (corresponding to net energy that animal needs to produce egg) and that laying frequency is 0.5 egg/d, fowl requires an additional 0.10 MJ/d net energy or about 0.15 MJ ME, *i.e.*, an intake of about 12 g maize.

CP proportions reported in poultry crop contents ranged between 76 g/kg and 109 g/kg according to the season (Rashid *et al.*, 2005; Mwalusanya *et al.*, 2002 and Huque, 1999). The higher values in guinea fowl are probably due to the fact that these animals scavenge more insects, worms, young shoots and legume seeds than poultry. In terms of density, CP values were in adequacy with INRA (1984) recommendation for animals fed on an *ad libitum* basis (130 g/kg for adults guinea fowl and eggs production) but below starter and growing guinea fowl requirements which

are 200 and 140 g/Kg, respectively. Moreover, *ad libitum* status was not necessarily satisfied in this experiment. Absolute CP requirement of free ranging local hens in the tropics is estimated to be about 11 g/d (Scott *et al.*, 1982). The CP levels found per crop (2.05 g or 3.50 g in DS and RS respectively) were largely lower to this value. However, according to previous considerations (true daily feed intake being at least three times higher than values measured in the crop), the CP daily intake was then close to the values recommended by Scott *et al.* (1982) in RS (10.5 g/d) but lower than this value in DS (6.2 g/d). Thus, protein supplementation should be defended in scavenging guinea fowls.

Current CF values reported in the literature (Rashid *et al.*, 2005; Mwalusanya *et al.*, 2002 and Huque, 1999) ranged between 47.8 g/kg to 105 g/kg while proportions found in this experiment overstepped 110 g/kg. Guinea fowl use more fibrous materials, such as grass leaves and wild-seeds, than pullets and that they are presumably more adapted to fibre digestion (Le Coz Douin, 1992).

Ashes, Ca, P, K, Na, Fe, Zn and Cu contents were significantly higher in the RS compared to the DS. This may be ascribed to higher proportion of mineral matter in the crop during DS. High Fe levels due soil contamination are consistent with previous studies from Tegene (1992) and Minh *et al.* (2006). The high concentration in Ca and P in RS is also related to the presence of fresh plants in the diet. This contrasts however with the finding of Pousga *et al.* (2005), who observed in pullet crops that ash and total K were the highest at the end of DS, owing respectively to higher intake of sand and grit and of maize bran and millet/milo brans. Our results show that scavenging feed was unbalanced in Ca and P according to INRA recommendations (INRA, 1984). Ca concentration (1.8 g/kg) was clearly neither sufficient for maintenance, nor for meat production requirement (7.7 g/kg), nor for egg production (37 g/kg). In both seasons P, Na and Mg concentrations were also weak but to a lesser extent. Consequently, the ratio Ca/P was largely below the classical 1.5 to 2 recommendations (INRA, 1984). According to a DM feed intake close to 50 g/d, Ca supplementation should be close to 1 g/animal/d and maintained during the whole year. Fe and Cu levels were in excess but probably without particular signification.

In the light of these factors, it appears thus than supplemental feeds offered by farmers are inadequate for guinea fowl production at the village level. For minimal productive state, the supplement is estimated at about 0.15 Mj ME (equivalent to about 12 g of concentrate), 5 g CP and 1 g Ca. A low-cost complete feed could be formulated with three or five available feed resources produced by the farmers, such as cereals, legume seeds, their by-products, and bones.

Non-conventional legume seeds could be of great interest owing their high protein and Ca levels but their anti-nutritional factors diminish their biological value, unless adequate processing methods were applied.

5. Conclusion

This study provides new data for strategic feeding of scavenging guinea fowls. Attempts to improve guinea fowl nutritional status in traditional system should take into account variation in the quality of the crop content and in the levels of ingredients intake. Nutrient supplies of this animal dependent mainly on grain-eating behaviour, others components playing a complementary role, especially during the rainy season. However, human supplementation is inadequate for significant guinea fowl productivity. Minimal complement should require proteo-energetic and calcium complements. Non-conventional protein sources such as tropical legume seeds could be a potential source of nutrients in this context. Further studies need to be pursued in order to specify nutritional requirements of growing scavenging guinea fowl.

6. Acknowledgements

Grateful acknowledgement is expressed to the Belgian Technical Cooperation and the Agence Universitaire de la Francophonie for financial support of the present work.

7. References

- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, 15th edn (Washington, DC, Association of Official Analytical Chemist).
- DAHOUDA, M. (2003) Elevage de la pintade locale dans le Département de Borgou au Bénin : comparaison des caractéristiques de production en station et en milieu rural. Mémoire de DEA, Faculté de Médecine vétérinaire de Liège en Belgique, 35 p.
- DAHOUDA, M., TOLEBA, S.S., YOUSAO, A.K.I., BANI KOGUI, S., YACOUBOU ABOUBAKARI, S. & HORNICK, J-L. (2007) Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin. *Family Poultry*, 17: 3-14.
- GOROMELA, E.H., KWAKKEL, R.P., VERSTEGEN, M.W.A. & KATULE, A.M. (2006) Strategies to optimize the use of scavengeable feed resource base by smallholders in traditional poultry production systems in Africa: A review. *African Journal of Agricultural Research* 3: 091-100.

- GUNARATNE, S.P., CHANDRASIRI, D.N., MANGALIKA HEMALATHA W.A.P. & ROBERTS, J.A. (1993) Feed resource base for scavenging chickens in Sri Lanka. *Tropical Animal Health and Production*, **25**: 249-257.
- HUQUE, Q.M.E. (1999) Nutritional status of family poultry in Bangladesh. *Livestock Research for Rural Development*, **11**: <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd11/3/huq113.htm>, (Accessed 12th April 2006), 7p.
- INRA (1984) L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapin, volailles. Paris, Cedex 07, 282p.
- LE COZ-DOUIN J. (1992) L'élevage de la pintade. Edition point vétérinaire: Paris France, 252 p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche) (2005) Etude de la sous-filière << aviculture moderne>> au Bénin. Rapport final, 86p.
- MINH D.V., LINDBERG J.E. & OGLE B. (2006) Effect of season and location on the crop contents of local and improved scavenging hens in northern Vietnam. *Tropical Animal Health and Production*, **38**: 121–129.
- MWALUSANYA, N.A., KATULE, A.M., MUTAYOBA, S.K., MINGA, U.M., MTAMBO M.M.A. & OLSEN, J. E. (2002) Nutrient status of crop contents of rural scavenging local chickens in Tanzania. *British Journal of Poultry Science*, **43**: 64-69.
- NRC (2001) Nutrient requirements of dairy cattle 7th rev. ed. National research Council, Washington, DC.
- OLUKOSI, O.A. & SONAIYA, E.B. (2003) Determination of the quantity of scavengable feed for family poultry on free range. *Livestock Research for Rural Development*, **15**: <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd15/5/oluk115.htm> (Accessed 25th April 2007).
- POUSGA, S., BOLY, H., LINDBERG, J.E. & OGLE, B. (2005) Scavenging pullets in Burkina Faso: effects of season, location and breed on feed and nutrient intake. *Tropical Animal Health and Production*, **8**: 623–634.
- RASHID, M.M., ISLAM, M.N., ROY, B.C., JAKOBSEN, K. & LAURIDSEN, C. (2005) Nutrient concentrations of crop and gizzard contents of indigenous scavenging chickens under rural conditions of Bangladesh, 11p, (Accessed 20th April 2007).
- RASHID, M.M. (2003) Nutritional status of scavenging chickens with special emphasis on energy and protein supplementation under rural conditions in Bangladesh. MSc thesis, the Royal Veterinary and Agricultural University, Danmark, 38p.
- SAS Institute, (1999) SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, (Cary, NC, SAS Institute Inc.).
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C. & YOUNG, R.J. (1982) Nutrition of the chicken, Published by Scott, M.L. & Associates, *Publishers*, 48-92.

- SONAIYA E.B. (2004) Direct assessment of nutrient resources in free range and scavenging systems. *World's Poultry Science Journal*, **60**: 523-535.
- TADELLE D., NIGUSIE, D., ALEMU Y. & PETERS, K. J. (2002) The feed resource base and its potentials for increased poultry production in Ethiopia. *World's Poultry Science Journal*, **58**: 77-87.
- TADELLE, D. & OGLE, B. (2000) Nutritional status of village poultry in the central highlands of Ethiopia as assessed by analyses of crop contents. *Ethiopian Journal of Agriculture Science*, **17**: 47-57.
- TEGENE N. (1992) Dietary status of smallholder local chicken in Leku, Southern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Science*, **15**: 57-67.

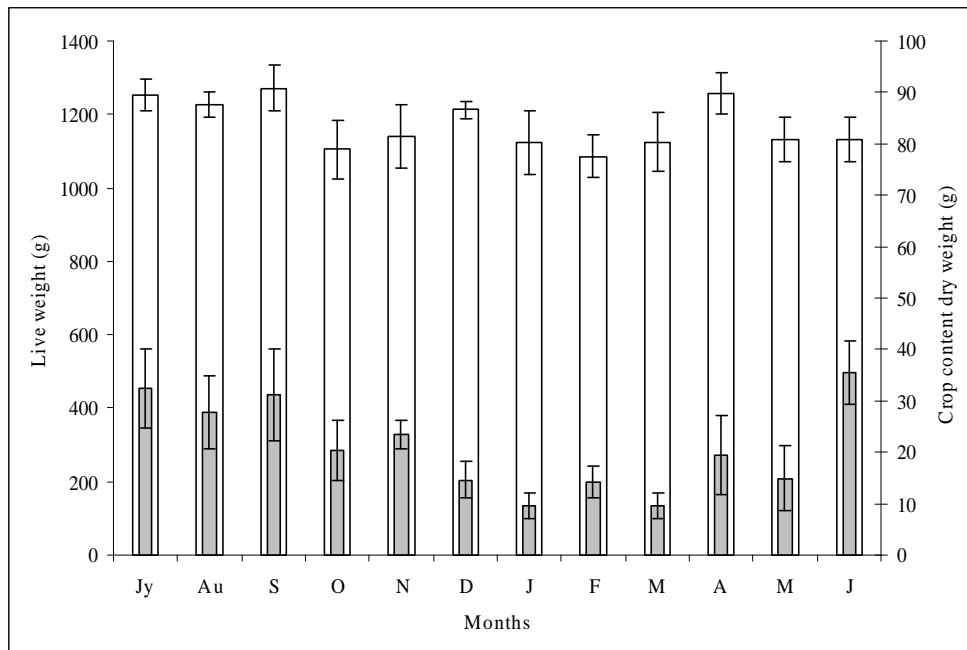


Figure 1. Monthly variations of live weight (white) and crop content dry weight (grey) of guinea fowls (n = 10 per mo) in Benin. Bars indicate the confidence intervals associated to the means.

Table 1. Seasonal variations of feed ingredients in the crop of guinea fowls (dry matter basis)

Components	Amounts (g)			Relative proportion (g/kg)		
	DS	RS	P>F	DS	RS	P>F
Feed suppl.						
<i>Dioscorea sp.</i>	0.12	0.83		7	30	
<i>Zea mays</i>	3.47	5.88		223	214	
<i>Oryza sativa</i>	0.55	1.48		36	54	
<i>Sorghum bicolor</i>	2.59	1.42		167	52	
<i>Phaseolus sp.</i>	0.26	0.15		10	2	
<i>Vigna subterranea</i>	0.01	0.01		6	3	
Total	7.00±1.02a	9.77±1.21a	0.082	449±5.0a	356±3.4a	0.112
Seeds						
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	4.96	3.11		318	113	
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0.00	0.68		0	25	
<i>Acacias auriculiformis</i>	0.00	0.12		0	4	
<i>Boerhavia erecta</i>	0.17	0.19		11	7	
<i>Eleusine indica</i>	1.18	0.60		76	22	
<i>Sida acuta</i>	0.00	0.08		0	2	
<i>Panicum maximum</i>	0.11	4.28		07	156	
<i>Tenium aegyptium</i>	0.06	0.02		4	1	
<i>Stylosanthes hamata</i>	0.00	0.28		1	12	
<i>Paspalum vaginatum</i>	0.20	0.00		13	0	
<i>Physalis angulata</i>	0.09	0.03		10	2	
<i>Hyparhenia rufa</i>	0.10	0.00		11	0	
Total	6.87±1.01a	9.39±1.18a	0.108	451±5.0a	344±3.3a	0.087
Green forages						
Herb and legume leaves	0.25	0.36		16	12	
Unidentified grass leaves	0.05	1.15		4	42	
<i>Tridax procumbens</i>	0.04	0.23		2	7	
<i>Cyperaceae sp.</i>	0.03	0.14		0	4	
<i>Physalis angulata</i> fruit	0.16	0.36		0	15	
Total	0.53±0.28b	2.24±0.58b	0.014	23±1.4b	81±1.6b	0.050
Animal materials						
<i>Gryllus campestris</i>	0.02	0.41		1	15	
<i>Formicidae Sp.</i>	0.02	0.03		1	10	
<i>Trigoniulus corallinus</i>	0.00	0.54		0	20	
Egg shell and bone	0.05	0.37		3	13	
<i>Coleoptera</i>	0.09	0.19		6	9	
<i>Lumbricus terrestris</i>	0.00	0.31		0	12	
Total	0.18±0.16b	1.85±0.52b	0.015	12±0.8b	79±1.5b	0.016
Minerals						
Grit and sand	0.49	3.64		31	132	
Total	0.49±0.27b	3.64±0.74b	0.001	31±1.3b	132±2.1c	0.001
Unidentified						
	0.52	0.25		35	9	
Total	0.52±0.28b	0.25±0.20c	0.435	35±1.4b	9±0.6d	0.070

Means in columns with different letters are significantly different at level 0.05

Totals are expressed as means per category ± SE

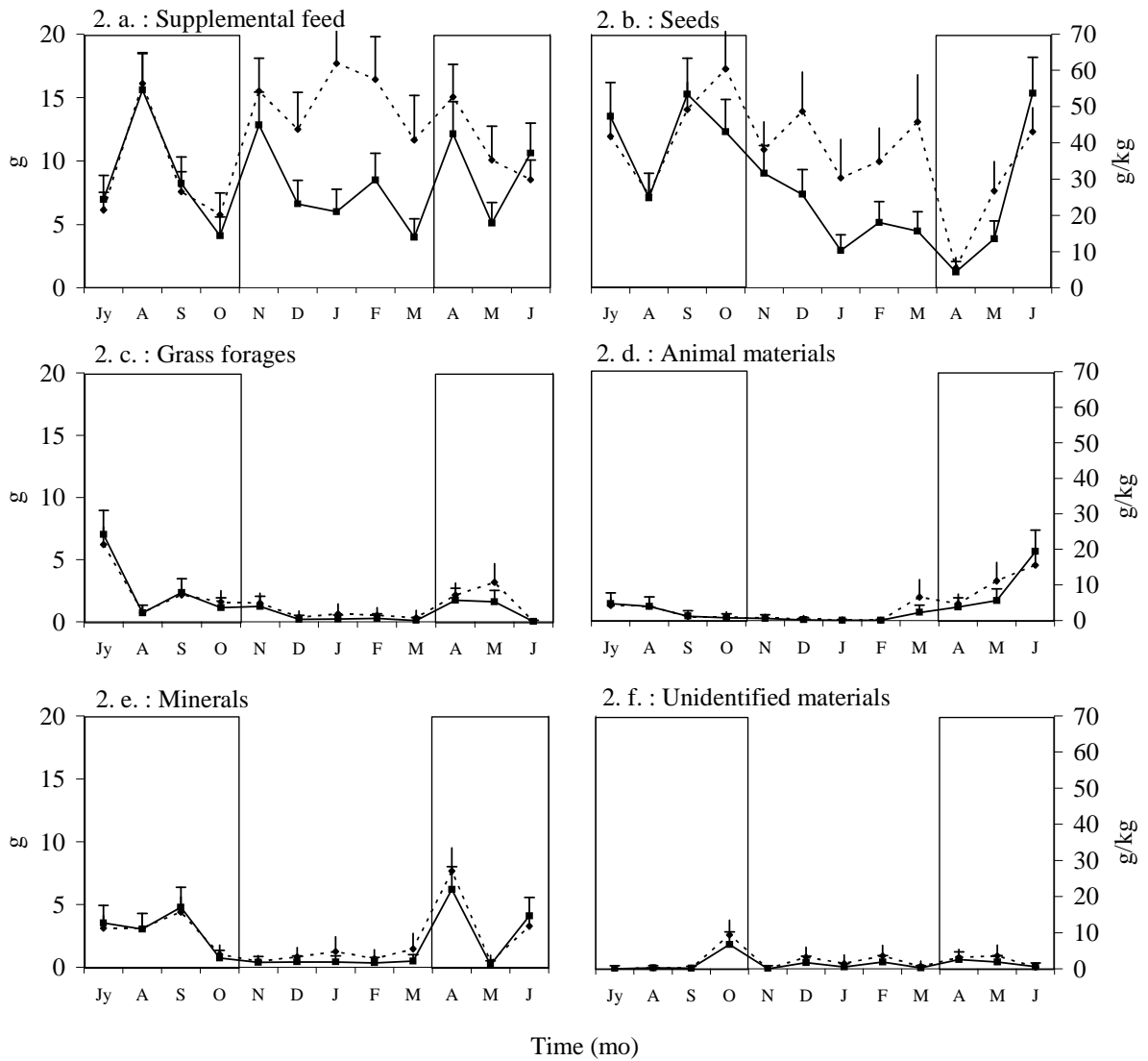


Figure 2. Absolute (-) and relative (--) monthly variations in the main feed ingredients in the crops of guinea fowls in Benin. Bars indicate the SE associated to the means. The frames symbolize the periods of > 30 mm monthly rainfall.

Table 2. Chemical composition of crop contents of scavenging guinea fowls in Benin (n=60/group)

Chemical composition (g/kg DM)	Dry season	Rainy season	P>F	SEM
Organic matter	898.5	737.5	0.000	1.918
Crude protein	134.3	130.7	0.792	0.956
Ether extract	53.5	34.8	0.000	0.292
Crude fibre	110.7	118.2	0.645	1.117
Ash	101.5	262.5	0.000	1.918
Non-nitrogen-extract	653.2	488.5	0.000	2.074
Calcium	0.8	1.8	0.038	0.297
Phosphorus	3.3	4.2	0.049	0.264
Potassium	0.4	0.7	0.122	0.141
Sodium	0.8	0.2	0.042	0.035
Magnesium	0.4	0.4	0.781	0.054
Iron (mg/kg)	681.2	2444.9	0.009	389.4
Zinc (mg/kg)	26.7	44.8	0.043	5.50
Copper (mg/g)	18.2	37.0	0.006	3.87
ME (Mj/kg)	11.9	8.5	0.000	0.32

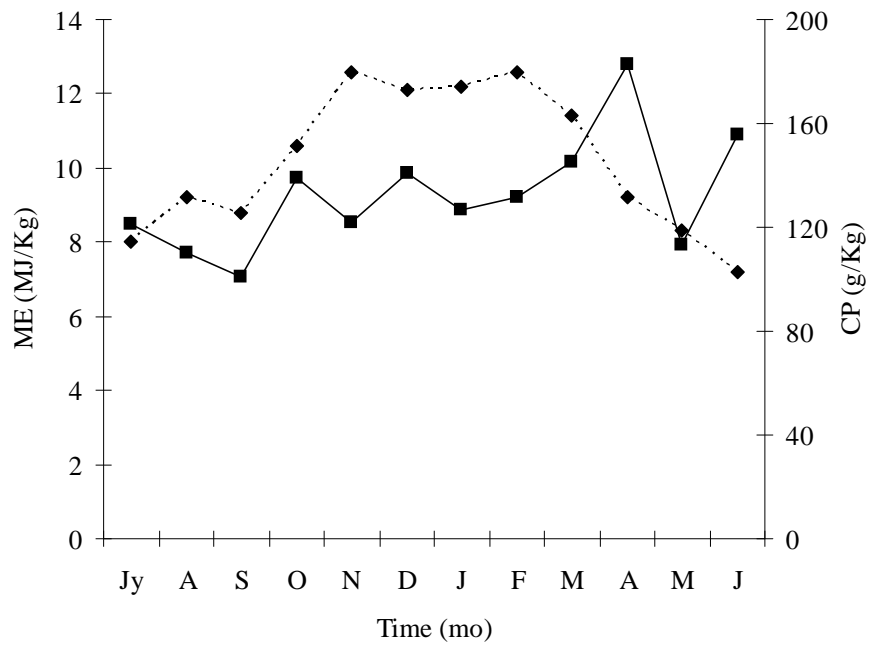


Figure 3. Monthly changes in Metabolizable Energy (♦) and Crude Protein (■) of scavenging guinea fowl crop content in Benin

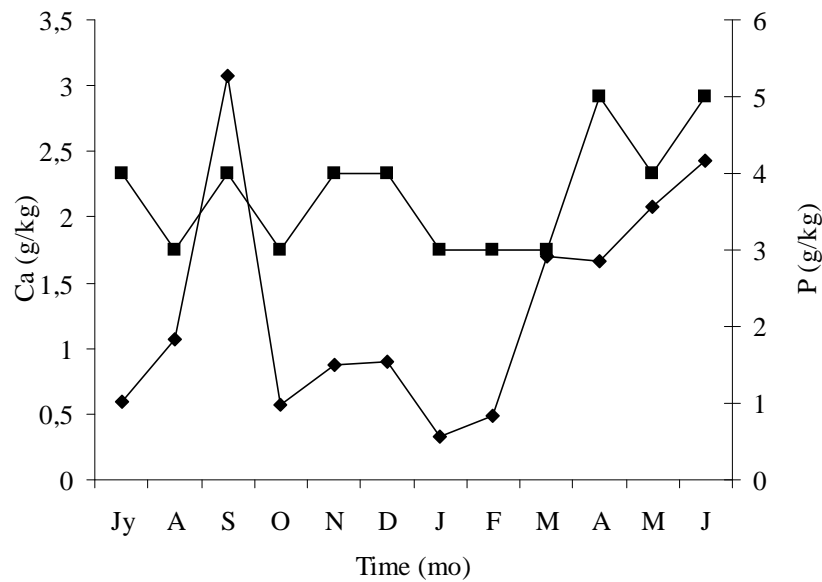


Figure 4. Monthly changes in Calcium (♦) and Phosphorus (■) of scavenging guinea fowls crop content in Benin

Chapitre IV

Etude de digestibilité des graines de *Mucuna pruriens*

Nutrient digestibility of *Mucuna* (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) bean in guinea fowl (*Numida meleagris*, L): effects of heat treatment and levels of incorporation in diets

Paper 5 – Accepted in *British Poultry Science*

M. Dahouda. S.S. Toléba. A.K.I Youssao. A. Hambuckers. R. Dangou-Sapoho. G. B. Martin. M. Fillet. J-L. Hornick

Abstract

Mucuna pruriens var. *utilis* is a legume the seeds of which are scarcely used in animal diets owing to their high content of 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine (L-Dopa). Experiments were conducted on guinea fowl to assess the effects of two heat types of processing (cooking and toasting) on chemical composition and nutrient digestibility of *Mucuna* seeds offered alone or incorporated at three levels (40, 120 or 200 g/kg) in complete diets. Diets containing 200 g/kg seeds had more crude fibre and less ether extract. L-Dopa content increased with the level of *Mucuna* inclusion. Cooking reduced markedly L-Dopa content while toasting had no effect. When fed alone, *Mucuna* seeds decreased dramatically feed intake. Feed intake (FI) and body weight gain (BWG) were not influenced by the complete diets. Cooking significantly increased the crude fibre digestibility. It is suggested that, cracked and cooked *Mucuna* bean can be incorporated at a safe level of 120 g/kg in complete diets for guinea fowl production.

Keywords: *Mucuna pruriens*; L-Dopa ; toasting ; cooking ; digestibility ; guinea fowl

1. Introduction

Mucuna pruriens var. *utilis*, a member of the Leguminosae plant family, is a crop increasingly adopted in the tropics to improve fertility of agricultural soils (Ayala-Burgos *et al.*, 2003). Besides good resistance to pests and an easy growth during fallow, the interest of this plant lies in the high nutritive value of *Mucuna* seed. Unfortunately, anti-nutritional factors, the most important of which is L-Dopa (*3,4-dihydroxy-L-phenylalanine*), a well-known neurotoxic amine (Seigler 1995), reaches 3 to 7 % of the weight of the seeds (Daxenbichler *et al.*, 1972) and prevent their use as feed (Ukachukwu and Obioha 1997; Wanjekeche *et al.*, 2003; Ezeagul *et al.*, 2003).

In Africa, several studies worked on *Mucuna* food and feed uses. To date, the most extensive results have been obtained in the Republic of Benin, West Africa, by the International Institute of Tropical Agriculture (Eilittä *et al.*, 2002). Gurumoorthi *et al.* (2003) found that although seed yield reaches up to 2.0 tonnes/hect, beans remain underexploited because of risks associated with toxicity. Nevertheless, according to Houndékon *et al.* (1998), the commercial value of the seed could be a critical factor for its adoption. Emenalom and Udedibie (1998) advanced that *Mucuna* seeds should be usefully applied in livestock feeding because of its high protein and energy contents. But the major challenge in introducing *Mucuna* to smallholder farmers is the reduction of its toxic factors (Eilittä *et al.*, 2002). Several authors (Carew *et al.*, 2003; Diallo and Berhe 2003; Ferriera *et al.*, 2003) evaluated seed processing in order to reduce its toxicity level while others tried to increase its nutritional quality (Bressani *et al.*, 2003; Siddhuraju *et al.*, 1996; Kwaku *et al.*, 1999; Ukachukwu and Obioha, 2000). Ukachukwu and Szabo (2003) measured the effects of diets containing *Mucuna* on poultry growth parameters. They found that boiled or soaked-and-boiled *Mucuna* beans improved the growth rate of poultry to a level similar to the controls.

On the other hand, little is known about nutrient digestibility of *Mucuna* beans. Rumen degradability was evaluated by Ayala-Burgos *et al.* (2003) who found that potential degradability of seeds and husks was 100% and 94%, respectively. Bressani *et al.* (2003) obtained organic matter and protein digestibility of 89% and 56% respectively, in rats fed diets containing raw and soaked raw *Mucuna* beans.

The guinea fowl plays an important role in the micro-economy of small householders in Benin (Dahouda *et al.*, 2007). In this context, detoxified *Mucuna* beans could be efficiently used in scavenging guinea fowls, the diets of which are generally unbalanced (Dahouda *et al.*, in press).

Thus, this study aimed at comparing the chemical composition of raw, cooked and toasted *Mucuna* seeds and at evaluating the effects of their incorporation at different levels in diets on apparent nutrient digestibility and growth performance of guinea fowls.

2. Materials and methods

2.1. *Mucuna* bean processing

Mucuna pruriens seeds, *var. utilis*, were obtained from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) of Benin. They were roughly crushed in a mortar and teguments were hand-removed (raw seeds, RS). Two third of the remainder were then separated for heat-processing according to farmer common practices. One half was poured into boiling water (100°C) and cooked for 30 min before being dried at room temperature for one day and then in an oven at 65 °C for 72 hours (cooked seeds, CS). The other half was prepared with a hot frying-pan placed in an oven at 100 to 120°C, the matter being stirred from time to time to maintain homogenous heating (toasted seeds, TS). The process lasted for about 20 mn until seeds were brown and crispy (Adewale *et al.*, 2007).

2.2. Experimental design and feeding program

Experiments were undertaken at the Faculty of Agronomic Science of Abomey-Calavi University in Benin. The overall experimental design is illustrated in Figure 1.

a) Trial 1

Fifty-four local guinea fowls about 2 years of age were randomly allocated to 18 metabolic cages (1 x w x h: 75 x 40 x 45 cm) put in a ventilated room. Feed was offered at 8.00 and animals had free access to water. During the first week before the beginning of the experiment, the animals received a classical diet based on maize (575 g/kg), wheat bran (120g/kg), soybean meal (200g/kg), fishmeal (40g/kg), minerals and vitamins. This period was planned to allow animals to accommodate to their environment and to estimate feed intake. At d0, animals were deprived of feed for 24 h to empty their alimentary canal of feed residues (Bourdillon *et al.*, 1990; Carre *et al.*, 1984). They were then weighed individually (d1).

Then, two replicates of 3 animals per cage received from d1 to d4 a diet in which raw, cooked or toasted *Mucuna* seeds was incorporated at levels of 40, 120 or 200 g/kg (raw diet, RD; cooked diet, CD; toasted diet, TD). The diets were formulated in order to obtain theoretical iso-nutrient concentrations. Feed offered was weighed from d1 to d4 and refusals from d2 to d5, in order to

measure voluntary feed intake. From d2 to d6, daily excreta were collected in plastic trays fitted under each cage. Feathers were removed from the droppings. Fresh excreta were weighed and oven-dried at 65°C, weighed again and ground to 1 mm.

Guinea fowls were tested for feed intake (FI) and body weight gain (BWG). Feed conversion ratio (FCR) was then calculated, as well as apparent nutrient digestibility (AND) according to the following formulae:

$$\text{AND (g/100g)} = 100 \times (\text{NI} - \text{FN})/\text{NI}$$

Where NI is nutrient intake and FN is faecal nutrient expressed as g/d.

b) Trial 2

The trial 2 aimed at measuring the digestibility of *Mucuna* seeds, *per se*. immediately after trial 1, 3 groups of 3 animals were fed either RS, TS or CS. Feed was offered from d6 to d8, and refusals were weighed from d7 to d9. Daily excreta were collected from d7 to d10. Samples and measurements were performed as per trial 1.

2.3. Chemical analyses

Single samples of the diets and excreta were analyzed in duplicate according to AOAC procedures for dry matter (DM) (method no. 934.01), organic matter (OM, method no. 942.05), ether extract (EE, method no. 920.39), crude fibre (CF, method no. 978.10) and ash (method no. 942.05). Crude protein (CP) was determined by the Kjeldahl method, as nitrogen (N) x 6.25. Non nitrogen extract (NNE) was calculated as: 1,000 - CP - NDF - ash - ether extract, fractions being expressed as g/kg (NRC, 2001). ME was estimated according to the equation (INRA, 1984): True ME (MJ/kg DM) = (3951 + 54.4 x EE - 88.7 x CF - 40.8 x ash) x 0.004184.

L-Dopa and formic acid (98-100%) were from Acros organics (New Jersey, USA). Hydrochloric acid (37 %) was supplied by Merck (Darmstadt, Germany). All reagents were of analytical grade. Water used in most experiments was of Milli-Q quality (Millipore, Bedford, MA, USA).

Experiments were carried out with an HPLC equipped with a binary pump, an autosampler, a thermostated column compartment and a diode-array detector, all HP series 1100 from Hewlett-Packard (Waldbronn, Germany). An LC Chemstation (Hewlett-Packard) was used for instrument control, data acquisition and data handling. The separation was performed on an Alltima HP C18

Amide (250 x 3.0 mm, i.d.; particle size: 5 μm) from Alltech (W. R. Grace & Co.-Conn., Columbia, USA).

The chromatographic determination of L-Dopa in seeds, feed, refused feed and droppings was achieved on an amide imbedded C18 stationary phase. The mobile phase consisted of 0.46% m/v formic acid in water. Prior to use, mobile phases were degassed for 15 min in an ultrasonic bath. The chromatographic separation was performed at 30°C using a constant flow rate of 0.5 mL/min. The injected volume was 10 μL and the UV detection was performed at 280 nm.

A stock solution L-Dopa was prepared by dissolving the appropriate amount of analytes in 100 mM hydrochloric acid solution in order to obtain a concentration of 0.2 mg/mL. Diluted solutions were prepared in the same media to reach final concentrations of 1, 5, 10 and 20 $\mu\text{g/mL}$.

An accurately weighted amount of 50 mg of seeds powder was introduced in 10 mL of 100 mM hydrochloric acid solution. For feed, refused feed and droppings, an accurately weighted amount of 200 mg was mixed in 40 mL of 100 mM hydrochloric solution. The mixtures were then Vortex, mechanically shake for 30 min at room temperature, sonicate for 5 min and finally centrifuge at 2500 g and 4°C for 5 min.

Five or 20 mL of the solutions issued from extraction of seeds powder or feed, refused feed or droppings respectively were placed in a 50 mL volumetric flask and filled to volume with the 100 mM hydrochloric solution. Solutions were conserved between 2 and 8°C until analysis.

2.4. Statistical analysis

The data were analysed according to General Linear Models (SAS 1999). The metabolic cage was used as experimental unit. For trial 1, the model included the level of Mucuna seed inclusion, the processing and the interaction between these factors. For trial 2, the model included the effect of processing.

3. Results

3.1. Diet composition and animal performance

The chemical composition of seeds and diets are reported in Tables 1 and 2. Owing to the fact that samples were single, no statistical effect could be associated to the chemical analyses. Heat processing decreased seed ash and NNE contents and increased CP. Crude fibre content was

reduced, to some extent, by toasting while EE was reduced by cooking. Cooking markedly reduced L-Dopa level by 52 %. Roasting was also effective but to a lower extent, *i.e.*, 36 %.

Nutrients levels in complete diets were in the range of currently accepted values in poultry feeding - CP (181-210 g/kg), CF (31-47 g/kg), EE (37.5-44.5 g/kg) - although ME was slightly high (13.2-14.4 MJ/kg). L-Dopa content increased with *Mucuna* inclusion level but to a lesser extent with CS.

Neither inclusion level nor processing had a significant effect on FI, BWG and FCR (Table 3). There was, however, a numerical decrease of BWG with levels of *Mucuna* ($P < 0.25$). The same effect was observed for the FCR. The inclusion of CS had no negative effect on animal performance and even improved animal growth and FCR. In trial 2, *Mucuna* seed feed intake was not significantly different among treatments but values were very low compared to complete diets. Moreover, animals lost weight and thus FCR were negative.

3.2. Nutrients digestibility

a) Trial 1

At any level of inclusion *Mucuna*, digestibility of nutrients generally showed high values (Table 4). *Mucuna* proportion did not affect DM, OM, CP, NNE and EE digestibility. Crude fibre retention was, however, significantly higher ($P < 0.001$) in the 200 g/kg *Mucuna* based diets. Processing did not affect CF, CP and EE digestibility but increased that of DM, OM, Ash and NNE. There were no differences between toasting and cooking, except for NNE digestibility the value of which being higher in toasting. Interactions were significant for DM, OM, CF and NNE. In RD, digestibility of nutrients generally decreased with the level of *Mucuna* incorporation. Fewer effects were found with CD. In TD by contrast, the digestibility values increased with the level of seed incorporation. The lowest values of digestibility were observed in 200 g/kg RD, especially for DM (81.01%) and OM (84.63%), while the highest were obtained at 200 g/kg in TD. Analysis of droppings did not reveal the presence of L-Dopa.

b) Trial 2

Heat-treated and raw *Mucuna* bean meal digestibility was similar for DM, OM, CP, NNE and EE (Table 5). Heat treatment increased CP digestibility numerically compared to the RS ($P < 0.18$). Cooking improved crude fibre digestibility significantly ($P < 0.05$) compared to TS and RS.

L-Dopa was found in droppings of animals. Apparent L-Dopa digestibility was comprised between 93.5 and 98.1% and was the highest with RS ($P < 0.006$).

4. Discussion

4.1. Proximate composition of the diets

Based on their nutrient content, *Mucuna* seeds can be considered as a potential source of protein and energy for fowl production. The proximate composition of raw and processed *Mucuna* seeds in this study were similar to the data reported by Siddhuraju *et al.* (1996) but were markedly different to the values reported by Ezeagu *et al.* (2003) and Siddhuraju *et al.* (1996), particularly for EE and CF contents. Such differences may be attributable to variety or local growing conditions.

Mucuna meals were high in CP (232.0 – 343.3 g/kg DM), having similar values to that reported for other legume seeds, such as *Cajanus cajan* (263 – 273 g/kg DM) (Amaefule and Nwagbara 2004), *Vigna subteranea* (175 – 220 g/kg DM) (Fru Nji *et al.*, 2003) and *Sesbania pachycarpa* (222 g/kg DM) (Proll *et al.*, 1998). Thermal processing modified the proximate composition of the seeds. Toasting reduced crude fibre content, which agrees with the results obtained by Aletor and Ojo (1989) with soya and lima (*Phaseolus lunatus*) beans. Heating also increased CP content. Similar findings were also reported by Ukachukwu and Obioha (1997) and Wanjekeche *et al.* (2003), who noticed that boiling increased the protein content of immature *Mucuna* beans by 19.9% and that of mature seeds by 24.3 %. A reduction in ether extract and ash by heat processing were consistent with the results of Wanjekeche *et al.* (2003), Kwaku *et al.* (1999) and Ukachukwu and Obioha (1997). The lower ash content in CS can be explained by the effect of mineral leaching in water but it is difficult to interpret in the case of TS. Changes in NNE and ME were in agreement with the findings of Fru Nji *et al.* (2003), Amaefule and Nwagbara (2004) and Carew *et al.* (2003). Decreases in NNE contents could be the result of starch solubilization during cooking (Zia-ur and Shah 2005), leading to the concentration of CP in the seeds. In the current study, the L-Dopa content of the RS (34.5 g/kg) was slightly lower than values reported by Lorenzetti *et al.* (2003) in different *Mucuna pruriens* variety (36.9 to 57.4 g/kg). When cooking *Mucuna* seeds for 90 mn, Ukachukwu and Szabo (2003) reduced the L-Dopa concentration to 21.0 g/kg. Heating was effective in reducing L-Dopa levels. Cooking seemed to be a more effective method of reducing the content of L-Dopa than toasting. For better L-Dopa extraction, Diallo *et al.* (2002) advised that soaking cracked *Mucuna* seeds for 24 hours in a 4 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution was a very effective way to detoxify *Mucuna* to a safe level below 10 mg/kg. This

method allowed to feed *Mucuna* to poultry and other monogastric animals without negative effects. However, Ukachukwu and Szabo (2003) did not find any beneficial effect of Ca(OH)_2 treatment on L-Dopa levels.

Mucuna seed based diets were well balanced and met the guinea fowl requirements reported by Du Preez and Sales (1997), INRA (1984) and Blum *et al.* (1975). Diets containing 200 g/kg *Mucuna* had more CF and less EE, owing to the nutrient characteristics of *Mucuna* seeds compared to soybean (Tuleun *et al.*, 2008). L-Dopa contents varied between 1.44 mg/kg and 4.99 mg/kg, respectively, in 40 g/kg and 200 g/kg *Mucuna* seeds based diets. Approximately 2 mg L-Dopa per kg *Mucuna* seeds were obtained by Diallo *et al.* (2002) when mixing *Mucuna* with cereal flour in a 1:3 ratio. These values are well below the recommended maximum tolerance level of 10 mg/kg (Diallo *et al.*, (2002).

4.2. Animal performance

It appears that the limit to the incorporation of *Mucuna* seeds in diets is associated with their negative influence on feed intake in poultry. However, in the current study, feed intake of birds did not differ significantly between inclusion levels or seed treatments. This contrasts with the studies of Nyirenda *et al.* (2003), Del Carmen *et al.* (1999) and Ukachukwu and Szabo (2003) who observed inhibitory and deleterious effects of *Mucuna* seeds on feed intake. The current study was probably too brief to highlight such an effect. Furthermore, at low levels of incorporation, the effects of anti-nutritional factors on feed intake may not be manifested due to dilution by other nutrients. Indeed, when feeding solely *Mucuna* seeds, a dramatic reduction of feed intake was observed compared to mixed diets, regardless of treatments. Del Carmen *et al.* (1999) and Carew *et al.* (2003) also observed that feed intake decreased when poultry were fed raw *Mucuna* seeds. Heating was ineffective despite of L-Dopa reduction. One hypothesis is that some anorexic factors in *Mucuna* are not heat labile (Carew *et al.*, 2003).

4.3. Apparent digestibility of nutrients

On the whole, nutrient digestibility was high for all diets used in the current study. Earlier studies revealed similar values for diets containing *Mucuna pruriens* (Iyayi *et al.*, 2008). Except for crude fibre, *Mucuna* inclusion did not have any significant effect on nutrient digestibility, suggesting that this legume has similar nutritional characteristics to those of substituted feeds. The higher crude fibre digestibility could be due to the high solubility on the fibre in *Mucuna*. For all nutrients, except EE, heat processing had positive effects on digestibility, which is consistent with

the findings of many previous studies (Amaefule and Nwagbara 2004; Bressani *et al.*, 2003; Iyayi *et al.*, 2008; Siddhuraju *et al.*, 1996; Carew *et al.*, 2003; Nyirenda *et al.*, 2003). In this experiment, the effect was especially pronounced for NNE, probably because of starch solubilization. As a result, dry matter digestibility was improved. This effect was highlighted when considering the interactions: increasing the levels of crude *Mucuna* decreased the digestibility of the diets but the incorporation of heat-treated seeds had the opposite effect.

As for the pure *Mucuna* seed diets, apparent nutrient digestibility was generally high, be it raw or heat-treated. As observed in trial 1, CP digestibility was improved numerically by heat processing. Previous studies have shown a positive effect of heating on *Mucuna* CP digestibility (Iyayi *et al.*, 2008; Adewale *et al.*, 2007; Amaefule and Nwagbara 2004; Bressani *et al.*, 2003; Carew *et al.*, 2003). However, CP digestibility estimated in trial 2 was largely below the 72.4 to 76.9 % values obtained *in vitro* by Vijayakumari *et al.* (2002). The low CP digestibility of legumes can be affected by the structural characteristics of their major protein fractions of legume seeds *i.e.* globulin, which are resistant to attack by proteolytic enzymes (Deshpande *et al.*, 1992). In addition, other secondary metabolites like phenolic compounds, tannins and saponins, decrease CP and carbohydrate digestibility (Oduguwa *et al.*, 2007; Dei *et al.*, 2008) by lowering the activity of enzymes, such as α -amylase, trypsin, chymotrypsin, and lipase. According to Siddhuraju *et al.* (1996) and Vijayakumari *et al.* (1996), some phenolic compounds, like tannins, are concentrated in seed coats and can be water-soluble; they can be eliminated by common processing methods such as decortication, soaking and heat-treatment.

Nevertheless, the digestibility values obtained in trial 2 must be considered in relation to the experimental limitations, such as the inability to estimate endogen nitrogen losses and the low amount of feed available for the experiment. Endogenous nitrogen losses could be more severe than usual in animals that lost weight as was the case here.

5. Conclusion

Complete diets in which the L-Dopa concentration is low could probably be safely used in adult guinea fowl without negative effects on growth and egg production. Their use in keets, however, requires further investigation. When processed adequately, *i.e.*, cracked, dehulled and heated in water, *Mucuna* seeds could be incorporated in diets at a safe level of about 120 g/kg in order to keep palatability. Heat-treatment improves *Mucuna* digestibility and dramatically reduces L-Dopa concentration. Owing to the high apparent digestibility of L-Dopa observed in this experiment,

further studies must be carried out to determine the risk of L-Dopa contamination in meat and eggs produced with diets containing *Mucuna* seeds.

6. Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the Belgian Technical Cooperation and the 'Agence Universitaire de la Francophonie' for providing financial support to this study. We thank AHOUNOU Serge and MAMA ALI A. Ahmed for excellent technical assistance.

Research grants from the Belgium National Fund for the Scientific Research (FNRS) to one of us (M. Fillet) are gratefully acknowledged.

7. References

- Adewale, I.E., Ologhobo, D.A. & Gous M.R. (2007) Influence of processing *Mucuna* (*Mucuna Pruriens var utilis*) and Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) on the performance and nutrient utilization of broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, **44**: 168-174.
- Aletor, V.A. & Ojo, O.I. (1989) Changes in differently processed soya bean (*Glycine max.*) and lima bean (*Phaseolus lunatus*) with particular reference to their chemical composition and their mineral and some inherent anti-nutritional constituents. *Die Nahrung*, **33**: 1009–1016.
- Amaefule, K.U. & Nwagbara, N.N. (2004) The effect of processing on nutrient utilization of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) seed meal and Pigeonpea seed meal based diets by Pullets. *International Journal of Poultry Science*, **3**: 543–546.
- Ayala-Burgos, A.J., Herrera-Díaz, P.E., Castillo-Caamal, J.B., Rosado-Rivas, C.M., Osornio-Munoz, L. & Castillo-Caamal, A.M. (2003) Rumen degradability and chemical composition of the velvet bean (*Mucuna* spp.) grain and husk. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **1**: 71 – 75.
- Blum, J.C., Guillaume, J. & Leclercq B. (1975) Studies of the energy and the protein requirements of the growing Guinea-fowl. *British Poultry Science*, **16**: 157-168.
- Bourdillon, A., Carré, B., Conan, L., Duperray, J., Huyghebaert, G., Leclercq, B., Lessire, M., McNab, J. & Wiseman, J. (1990) European reference method for the *in vivo* determination of metabolisable energy with adult cockerels: reproductibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *British Poultry Science*, **31**: 557-565.
- Bressani, R., Lau, M. & Silvia Vargas, M. (2003) Protein and cooking quality and residual content of dehydroxyphenylalanine and of trypsin inhibitors of processed *Mucuna* beans

- (*Mucuna spp.*). In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **1**: 197-212.
- Carew, L.B., Hardy, D., Weis, J., Alster, F., Mischler, S.A., Gernat, A. & Zakrzewska, E.I. (2003) Heating raw velvet beans (*Mucuna pruriens*) reverses some anti-nutritional effects on organ growth, blood chemistry, and organ histology in growing chickens. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*; **1**: 267 – 275.
- Carré, B., Prevotel B. & Leclercq, B. (1984) Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feedingstuffs. *British Poultry Science*, **25**: 561-572.
- Dahouda, M., Toléba, S.S., Youssao, A.K.I, Mama Ali, A. A., Hambuckers, A. & Hornick, J-L. (2008) Seasonal variations in the crop contents of scavenging Helmeted Guinea Fowls (*Numida meleagris*, L) in Parakou (Benin). *British Poultry Science (in press)*.
- Dahouda, M., Toleba, S.S., Youssao, A.K.I., Bani Kogui, S., Yacoubou Aboubakari, S. & Hornick J.-L. (2007) Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin. *Family Poultry*, **17**: 3-14. www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/infpd/home.html
- Daxenbichler, M.E., Van Etten, C.H., Earle, F.R. & Tallent, W.H. (1972) L-Dopa recovery from *Mucuna* seed. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **20**: 1046-1048.
- Dei, H.K., Rose, S.P. & Mackenzie A.M. (2008) Effects of fungal (*Aspergillus niger* or *Ceriporiopsis subvermispora*) fermentation on the nutritive value of shea nut (*Vitellaria paradoxa*) meal for broiler chicks. *British Poultry Science*, **49**: 360-367.
- Del Carmen, J., Gernat, A.G., Myhrman, R. & Carew, L.B. (1999) Evaluation of raw and heated velvet beans (*Mucuna pruriens*) as feed ingredients for broilers. *Poultry Science*, **78**: 866–872.
- Deshpande, S.S. (1992) Food legumes in human nutrition. A personal perspective. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, **32**: 333–363.
- Diallo, O.K., & Berhe, T. (2003) Processing of *mucuna* for human food in the Republic of Guinea. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*; **1**: 193 – 196.
- Diallo, O.K., Kante, S., Myhrman, R., Soumah, M., Cissé, N.Y. & Berhe, T. (2002) Increasing farmer adoption of *Mucuna pruriens* as human food and animal feed in the Republic of

- Guinea. In: Flores, M., Eilittä, M., Myhrman, R., Carew, L.B. & Carsky, R.J. (Eds) *Proceedings of an International Workshop held in Tegucigalpa, Honduras, 2000*.
- Du Preez, J.-J., Sales, J. (1997) Protein and energy requirements of the pearl Grey guinea fowl. *World Poultry Science Journal*, **53**: 381-385.
- Eilittä, M., Bressani, R., Carew, L.B., Carsky, R.J., Flores, M., Gilbert, R., Huyck, L., St. Laurent, L. & Szabo, N.J. (2002) *Mucuna* as a food and feed crop: An overview. In: Flores, M., Eilittä, M., Myhrman, R., Carew, L.B., & Carsky, R.J. (Eds) *Proceedings of the international workshop on food and feed from Mucuna, Tegucigalpa, Honduras, 2000, (CIDICCO), 18–47*.
- Emenalom, O.O. & Udedibie, A.B.I. (1998) Effect of dietary raw, cooked and toasted *Mucuna pruriens* seeds (velvet bean) on the performance of finisher broilers. *Nigeria Journal of Animal Production*, **25**: 115–119.
- Ezeagu, I.E., Maziya-Dixon, B., & Tarawali, G. (2003) Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *Mucuna* accessions from Nigeria. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems; 1: 129 – 139*.
- Ferriera, H.A., Peña, B.K., Gernat, A.G., Carew, L.B. & Matamoros, I.A. (2003) Evaluation of different processing methods of velvet bean (*mucuna pruriens*) for use as a feed ingredient for broilers. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems; 1: 277 – 286*.
- Fru Nji, F., Niess, E. & Pfeffer, E. (2003) Effects of raw and heat-treated bambara groundnut (*Vigna subterranea*) on the performance and body composition of growing broiler chicks. *Archives of Animal Nutrition*, **57**: 443– 453.
- Gurumoorthi, P., Senthil Kumar, S., Vadivel, V. & Janardhanan, K. (2003) Studies on agrobotanical characters of different accessions of velvet bean collected from Western Ghats, South India. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems; 2: 105–115*.
- Houndékon, V., Manyong, V.M., Gogan, C.A. & Versteeg M.N. (2008) Déterminants de l'adoption de *Mucuna* dans le département du Mono au Bénin. http://www.idrc.ca/en/ev-31914-201-1-DO_TOPIC.html.
- INRA (1984) *L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapin, volailles*. (Eds) INRA Paris, Cedex 07, 23 282p.

- Iyayi, E. A., Kluth, H. & Rodehutsord, M. (2008) Effect of heat treatment on antinutrients and precaecal crude protein digestibility in broilers of four tropical crop seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, **43**: 610-616.
- Kwaku, A., Dadzie, M., & Osei-Bonsu, P. (1999) Composition and functional properties of raw and heat processed velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var *utilis*) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, **34**: 131–135.
- Lorenzetti, F., MacIsaac, S., Arnason, J.T., Awanga, D.V.C. & Buckles, D. (1998) The phytochemistry, toxicology, and food potential of velvet bean. In cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture. Buckles, D., Eteka, E., Osiname, O., Galiba, M. & Galiano, G. (Eds.) Ottawa, Canada: IDRC, IITA and SG200. pp. 67-84.
- NRC. (2001) *Nutrient requirements of dairy cattle* 7th rev. (Eds). National research Council, Washington, DC.
- Nyirenda, D., Musukwa, M. & Jonsson, L.O. (2003) The effects of different processing methods of velvet beans (*Mucuna pruriens*) on L-dopa content, proximate composition and broiler chicken performance. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems; 1*: 253-260.
- Oduguwa, O.O., Pirgozliev, V. & Acamovic, T. (2007) Energy metabolisability and digestibility of amino acids by broilers fed on malted sorghum sprouts supplemented with polyethylene glycol, charcoal, phytase and xylanase. *British Poultry Science*, **48**: 55-63.
- Proll, J., Petzke, K.J., Ezeagu, I.E. & Metges, C.C. (1998) Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in Rats. *The Journal of Nutrition*, **128**: 2014-2022.
- SAS Institute (1999) *Statistics Users Guide*, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, Carry, NC, SAS Institute Inc.
- Seigler, D.S. (1995) *Plant secondary metabolism* (Eds) *Klwer Academic Publishers*, Norwell (USA), pp 759.
- Siddhuraju, P., Vijayakumari, K. & Janardhanan, K. (1996) Chemical composition and protein quality of the little-known legume, velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. *Journal of Agriculture Food and Chemistry*, **44**: 2636–2641.
- Tuleun, C.D., Carew, S.N. & Ajiji, I. (2008) Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livestock Research for Rural Development*, **20**: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/5/tule20081.htm>.
- Ukachukwu, S.N. & Obioha, F.C. (1997) Chemical evaluation of *Mucuna cochinchinensis* as alternative protein feedstuff. *Journal of Applied Chemistry and Agricultural Research*, **4**: 34-38.

- Ukachukwu, S.N. & Obioha, F.C. (2000) Effect of time duration of thermal treatment on the nutritive value of *Mucuna Cochinchinensis*. *Global journal of pure and applied sciences*, **6**: 11-15.
- Ukachukwu, S.N. & Szabo, N.J. (2003) Effect of processing, additives and vitamin B6 supplementation of *Mucuna pruriens* var *cochinchinensis* on broilers. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo, N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*; **1**: 227–237.
- Vijayakumari, K., Siddhuraju, P. & Janardhanan, K. (1996) Effect of different post-harvest treatments on antinutritional factors in seeds of the tribal pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *International Journal of Food Science and Nutrition*, **47**: 263–272.
- Vijayakumari, K., Smitha, K.B. & Janardhanan, K. (2002) Biochemical characterization of the tribal pulse, *Mucuna utilis* Wall ex. Wight Seeds. *Journal of Food Science and Technology*, **39**: 650–653.
- Wanjekeche, E., Wakasa, V. & Mureithi, J.G. (2003) Effect of germination, alkaline and acid soaking and boiling on the nutritional value of mature and immature *mucuna* (*mucuna pruriens*) beans. In: Eilittä, M., Muinga, R., Mureithi, J., Sandoval-Castro, C. & Szabo N. (Eds) *Proceedings of a workshop organized by KARI and CIEPCA-IITA, Mombasa, 2002. Tropical and Subtropical Agroecosystems*; **1**: 183 – 192.
- Zia-ur, R. & Shah, W.H. (2005) Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, **91**: 327–331.

Table 1. Chemical composition of raw, cooked and toasted *Mucuna pruriens* seeds

Heat treatment	Raw	Cooking	Toasting
Chemical composition (g/kg DM)			
Dry matter	937.8	949.5	947.2
Ash	65.7	43.3	46.0
Crude Protein	231.7	329.7	343.3
Crude fibre	96.0	95.0	87.7
Ether extract	45.0	34.3	45.0
Non nitrogen extract	690.0	579.3	571.0
L-Dopa	34.5	16.5	21.9
ME (MJ/kg)	12.8	13.0	13.5

Table 2. Composition of diets containing different levels of *Mucuna* seeds incorporated either raw (RD), cooked (CD) or toasted (TD).

Mucuna incorporation (g/kg)	RD			CD			TD		
	40	120	200	40	120	200	40	120	200
Ingredients (g/kg)									
Maize	600	570	500	600	570	500	600	570	500
Wheat bran	40.0	75.0	145	40.0	75.0	145	40.0	75.0	145
Soybean meal	145	60.0	0.00	145	60.0	0.00	145	60.0	0.00
Fish meal	110	110	90.0	110	110	90.0	110	110	90.0
<i>Mucuna</i> meal	40.0	120	200	40.0	120	200	40.0	120	200
Premix	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
NaCl	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
mollusc shell	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Chemical composition									
Dry matter (g/kg)	900.0	907.0	905.0	908.0	900.0	911.0	909.0	899.0	901.0
Ash (g/kg)	88.2	134.2	142.5	139.6	131.1	124.5	118.3	121.5	113.3
Crude protein (g/kg)	185.5	181.0	197.5	210.0	195.5	187.0	195.5	185.0	188.0
Crude fibre (g/kg)	38.5	38.0	47.5	39.5	34.0	43.0	31.0	33.5	42.0
Ether extract (g/kg)	43.5	43.5	39.5	44.5	38.5	38.5	44.5	40.5	37.5
Non nitrogen extract (g/kg)	774.0	786.0	753.5	738.5	773.5	774.0	775.5	786.0	772.0
ME (MJ/kg)	14.5	13.8	13.2	13.6	13.9	13.6	909.0	899.0	901.0
L-Dopa (g/kg)	1.44	2.02	4.27	0.99	2.06	2.94	118.3	121.5	113.3

Table 3. Animal performance of guinea fowls that received *Mucuna* seeds either raw (RS), cooked (CS) or toasted (TS), incorporated at different levels in complete diets (RD, CD, TD, Trial 1) or given alone (Trial 2).

	Feed intake (g)	Body Weight gain (g)	Feed conv. ratio
Trial 1			
Proportion (g/kg)			
40	223.9	28.9	10.5
120	206.8	23.9	9.1
200	210.5	17.2	21.3
Processing			
RD	219.4	21.1	19.5
CD	206.3	26.7	9.7
TD	215.5	22.2	11.8
Proportion x Processing			
40xRD	211.9	24.9	10.1
120xRD	221.1	26.6	8.4
200RD	225.1	11.6	40.0
40xCD	220.9	25.0	14.4
120xCD	202.0	28.3	7.0
200xCD	195.9	26.5	7.5
40xTD	238.9	36.6	7.0
120xTD	197.1	16.6	11.7
200xTD	210.4	13.3	16.5
P>F			
Proportion	0.396	0.249	0.331
Processing	0.583	0.672	0.499
Proportion x Processing	0.501	0.450	0.444
RSD	21.7	11.2	14.6
Trial 2			
RS	64.7	- 95.7	- 0.97
CS	61.4	- 81.0	- 0.75
TS	59.6	- 97.7	- 0.63
P>F	0.92	0.82	0.78
RSD	34.7	15.5	0.5

Table 4. Nutrient digestibility in guinea fowls that received *Mucuna* seeds either raw, cooked or toasted, incorporated at different levels in complete diets (RD, CD, TD)

Variable	Dry Matter	Organic Matter	Crude Fiber	Ash	Crude Protein	Non Nitrogen Extract	Ether extract
Proportion (g/kg)							
40	853	887	565a	639a	766	889	936
120	856	879	551a	702b	752	896	931
200	861	885	662b	701b	773	893	930
Processing							
RD	843a	870a	578	613a	749	876ab	933
CD	854ab	879b	596	692b	759	892a	929
TD	876b	894b	604	738b	783	910b	934
Proportion x Processing							
40xRD	860a	889a	594a	560	780	894a	940
120xRD	849a	875a	566ab	681	742	887a	936
200xRD	810b	846b	573ab	596	724	848b	923
40xCD	849a	874a	607ac	695	776	885a	933
120xCD	846a	871a	494b	681	730	890a	926
200xCD	867a	891c	688cd	700	770	901a	929
40xTD	850a	875a	493b	662	742	889a	933
120xTD	873a	891a	595a	744	782	910a	931
200xTD	904c	916c	725d	808	825	932c	938
P>F							
Proportion	0.76	0.75	0.001	0.06	0.60	0.77	0.73
Processing	0.02	0.045	0.48	0.003	0.29	0.01	0.81
Proportion x Processing	0.02	0.02	0.004	0.097	0.17	0.03	0.77
RSD	1.73	1.40	3.74	4.45	3.65	1.56	1.34

Means in columns with different letters are significantly different at level 0.05

Table 5. Nutrient digestibility in guinea fowls that received *Mucuna* seeds, either raw, cooked or toasted, offered as unique ingredient.

Processing	RD	TD	CD	P>F	RSD
Dry Matter	694	601	659	0.16	50.7
Organic Matter	712	632	685	0.21	49.4
Crude Fibre	656ab	539a	782b	0.02	77.3
Crude Protein	220	272	375	0.39	129.3
Non Nitrogen Extract	866	811	803	0.16	37.2
Ether extract	889	856	853	0.46	36.7
L-Dopa	981a	965b	935c	0.006	10.8

Means in lines with different letters are significantly different at level 0.05

Etudes de croissance et qualité de la viande de pintade locale

The effects of raw and processed *Mucuna pruriens* seed based diets on the growth parameters and meat characteristics of Benin local guinea fowl (*Numida meleagris*, L)

Paper 6 – Accepted in *International Journal of Poultry Science*

M. Dahouda, S.S. Toleba, A.K.I Youssao, A.A. Mama Ali, R. K. Dangou-Sapoho, S.G. Ahounou, A. Hambuckers and J-L. Hornick

Abstract

The aim of the present study was to compare the growth characteristics of guinea fowl fed on *Mucuna pruriens* (pica-pica, cow-hitch plant, cowhage, velvet bean, devil bean) seed with a control group at both starting and growing phases in extensive production in tropical Africa country (Benin). It was also attempt at determining meat traits and ascertains meat eventual contamination by L-Dopa for safely human consumption. To measure these effects, 20 % raw or processed (cooked or toasted) *Mucuna* seed were incorporated in guinea fowl diets. *Mucuna* seed processing reveals changes in ash, NNE, CP, Crude fibre and EE contents. Cooking markedly reduced L-Dopa level by 52 %. Roasting was also effective but at a lower extent, i.e., 36 %. Feed intake showed that raw *Mucuna* seed significantly impaired feed intake but processing improved the condition. *Mucuna* depressing effect on growth parameters were less affective on adult birds than on keets.

Lowest eviscerated carcass weights, dressing percentage and cut parts were recorded in group fed on raw *Mucuna* seed. The thigh-drumsticks, heads and legs of the male were found to be significantly heavier than those of the female. Differences between sexes were also noticed in liver, heart and gizzard. The liver and heart weights were significantly reduced in birds fed on raw seeds while the gizzard weights were increased significantly in processed seeds diets. *Mucuna* seed intakes did not change meat quality (pH24 and water holding capacity). Analyses of muscle, liver and kidney did not reveal the presence of L-Dopa in meat. The conclusions are that processed *Mucuna* seed can replace soybeans up to 20 % for extensive guinea fowl production and contribute to diminish dependence to conventional protein for smallholders.

Keyworlds: *Mucuna pruriens* ; L-Dopa ; growth ; carcass; meat characteristics ; guinea fowls

1. Introduction

The production of guinea fowl as alternative poultry gains progressively throughout the world. However, its profitability is hampered by poor production and reproduction efficiencies due in part to lack of management and feeding guidelines (Nahashon *et al.*, 2004). In developing countries, finding cheap and available feedstuffs for guinea fowls constitutes a major challenge, diet accounting for about 60 to 80% of the total cost of poultry production (Pym, 1990) and being based on the importation of conventional feed such as soybean and fish meal (Emenalon and Udedibie, 1998).

At smallholders level, there is a lack of protein sources to complement the energetic feeds (Flores *et al.*, 2002). In Benin, Dahouda *et al.*, (2007) observed that supplements offered to guinea fowls in traditional farms, such as cereals and their by-products, or various products ingested through scavenging, couldn't cover nutrient requirements for minimal production. They suggested that complement should be proteo-energetic and contain calcium characteristics found in non-conventional protein sources such as tropical legumes seeds. Among leguminous seeds, *Mucuna pruriens* is identified as a potential source of protein and energy for poultry production in developing countries (Vijayakumari *et al.*, 2002; Vadivel and Janardhanan, 2000). According to Pugalenthii *et al.*, (2005), *Mucuna pruriens* var. *utilis* shows good nutritional qualities. The seeds of *Mucuna* are found to contain, per kg dry matter, about 220 to 350 g crude protein (CP), from 4600 to 5400 kcal metabolisable energy (ME) and about 480 g carbohydrates (Iyayi *et al.*, 2005; Vijayakumari *et al.*, 2002; Adebowale *et al.*, 2005). *Mucuna* seed has also similar amino acids profile as others legumes seed such as soya beans (Carew and Gernat, 2006). However, despite its nutritional advantages, *Mucuna* contains numerous antinutritional factors such as tannins, lectins, phytic acid, cyanogens, trypsin inhibitors and L-Dopa (3, 4-dihydroxy-L-phenylalanine), which is the prominent among these factors (Ravindran and Ravindran, 1988; Siddhuraju *et al.*, 2000; Szabo and Tebbett, 2002). Previous experiments showed however that heat-treatments could drastically reduce the toxicity of *Mucuna* seeds (Ukachukwu and Szabo 2003, Nyirenda *et al.*, 2003).

Several studies focused on monogastrics concerns rabbits, broilers and hens (Dossa *et al.*, 1998; Nyirenda *et al.*, 2003; Iyayi and Taiwo, 2003; Iyayi *et al.*, 2005). To our knowledge, there is a sole study reporting the use of *Mucuna* in guinea fowl (Farougou *et al.*, 2006).

Thus, this study aims to investigate the effects of heat-treated *Mucuna pruriens* seed on the performance and on meat characteristics of guinea fowl.

2. Materials and methods

2.1. Animal management and diets

Two 28 weeks lasting trials were undertaken using unsexed local guinea fowl day-old. Animals were identified individually by wing pins. *Mucuna pruriens* seeds were obtained from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Benin. They were roughly crushed and teguments were hand-removed. A third of the seeds were preserved while the remainder was heat-processed, i.e., cooked or toasted according to farmer common practices. Cooked seeds were obtained by pouring cracked seeds into boiling water (100 °C) for 30 min. They were strained at room temperature for one day and dried in oven at 65 °C for 72 hours. Toasted seeds were obtained in a hot frying-pan placed in an oven (100 to 120 °C) and stirred from time to time to maintain uniform heating. Toasting lasted about 20 min, until seeds were brown and crispy.

In the first trial, the animals received initially during 12 weeks a control diet (CoD) based on maize (575 g/kg), wheat bran (120 g/kg), soybean meal (200 g/kg), fishmeal (40 g/kg) and mineral and vitamins. Diets were formulated in order to obtain theoretical iso-nutrient concentrations according to guinea fowls requirements as recommended by INRA (1984) Du Preez and Sales (1997), and Larbier and Leclercq (1992). They were then maintained on the CoD or fed with a diet in which either raw, cooked or toasted *Mucuna pruriens var. utilis* seeds was incorporated at level of 20 % (RD, CD and TD respectively) instead of soybean meal. In the second trial, keets were fed from starting to the end of the experiment with the control diet or one of the experimental diets. In each trial, animals were raised in a breeding house (10 m x 5 m) with 90 cm height, walls surmounted by a wire netting of 2 m. Birds were allocated to four pens according to a completely randomized design. The heating of the keets lasted for three weeks and animal were reared on a deep litter. Individual live weights were recorded weekly and daily feed intakes were recorded by group. Weight values were presented at the end of starting period (12 weeks) and at the end of growing period (28 weeks). Feed and water were provided on an *ad libitum* basis throughout both experiments. Animals were subjected to routine vaccinations against Newcastle disease (Avi-new®) and infectious bursal disease (Bioral H120®) and other required veterinary care against coccidiosis (Amprolium® 1g/l during 5 days) and helminthiasis (Polystrongle® 1g/l for 1 day).

2.2. Carcass characteristics and meat quality

At the end of the trial 2, fourteen birds - 7 males and 7 females - from each group were slaughtered for carcass characteristics and meat quality determination. The birds were fasted overnight and were weighted before slaughtering. They were bled by section of the jugular veins,

scalded in warm water (about 60 °C) and plucked manually. The legs and head were cut at tibio-metatarsus and atlanto-occipital joints, respectively. Weights of carcass, head, legs, hearts, livers and gizzards were obtained. Carcasses were preserved in fridge at 4 °C during 24 h and reweighed. Carcasses were then carved out and weights of breasts, thigh-drumsticks, wings, necks and back cut were determined. The pH was measured in breast at 24 h after slaughter, using a HANNA pH-meter. After carving out, breasts samples of about 50 g were used for drip loss determination. Meat samples were placed in plastics bags and freely hanged up to a hook at 4 °C during 48 h. Samples were then removed, mopped up, weighed for drip loss determination and replaced in plastics bags that were seal up. Samples were placed in a hot water at 75 °C during 30 min, cooled during 40 min and mopped up. The difference in weight before and after cooking gave the cooking loss, expressed as a percentage of initial weight.

2.3. Diets and L-Dopa analysis

Experimental diets and *Mucuna* meals samples were analyzed according to AOAC procedures for dry matter (DM) (method no. 934.01), organic matter (OM, method no. 942.05), ether extract (EE, method no. 920.39), crude fibre (CF, method no. 978.10) and ash (method no. 942.05). Crude protein (CP) was determined by the Kjeldahl method, as nitrogen (N) x 6.25. Nitrogen non-extract (NNE) was calculated as: (1,000 - CP - NDF - ash - ether extract, fractions being expressed as g/kg) (NRC, 2001). Experimental diets, *Mucuna* seed meals and meat (breast, liver and kidney) samples were also analyzed for L-Dopa. All the reagents used were of analytical grade. Analysis were carried out with a HPLC equipped with a binary pump, an autosampler, a thermostated column compartment and a diode-array detector, all HP series 1100 from Hewlett-Packard. A LC Chemstation (Hewlett-Packard) was used for instrument control, data acquisition and data handling. The separation was performed on an Alltima HP C18 Amide (250 x 3.0 mm, i.d.; particle size: 5 µm) column from Alltech. The mobile phase consisted in 0.46 % m/v formic acid in water. Prior to use, mobile phases were degassed for 15 min in an ultrasonic bath. The chromatographic separation was performed at 30 °C using a constant flow rate of 0.5 ml/min. The injected volume was 10 µl and the UV detection was performed at 280 nm. A stock solution Levodopa was prepared by dissolving the appropriate amount of analytes in 100 mM hydrochloric acid solution in order to obtain a concentration of 0.2 mg/ml. Diluted solutions were prepared in the same media to reach final concentrations of 1, 5, 10 and 20 µg/ml. An accurately weighted amount of 50 mg of seeds powder was suspended in 10 ml of 100 mM hydrochloric acid solution. For feed and seed meal, an accurately weighted amount of 200 mg was mixed in 40 ml of 100 mM hydrochloric solution. The mixtures were then Vortex, mechanically shaken for 30 min at room temperature, sonicated for 5 min and finally centrifuged at 4500 rpm and 4 °C for 5 min.

Five or 20 ml of extraction solution issued from seeds powder or from feed, respectively were placed in a 50 ml volumetric flask and filled to volume with the 100 mM hydrochloric solution. Solutions were conserved between 2 and 8°C.

2.4. Statistical analysis

Weights, daily weight gain, feed intakes, feed conversion ratio and carcass characteristics were analysed according to General Linear Models using SAS package (SAS 1999). Models included the effect of the diet and sex. For carcass characteristics, the model included the diet and sex effects, but their interaction being not significant was thus removed from model. For growth parameters, the effect of diet was used. Monthly weights were considered to establish growth curve. Mortality rates were compared by a Chi-square test.

3. Results

3.1. Composition of diets

The chemical composition and L-Dopa content in seeds and in experimental diets are reported in Tables 1 and 2. Heat processing affected seed nutrients contents mainly by decreasing NNE contents and enhancing CP. Cooking markedly reduced L-Dopa level by 52 %. Roasting was also effective but at a lower extent, i.e., 36 %. The nutrient values of control and experimental diets were fairly similar. As expected from *Mucuna* seed analysis, the level of L-Dopa in cooked seed diet was lower than in raw and toasted seed diet.

3.2. Animal performance

In trial 1 (Table 3), feed intakes were similar between groups during the first period. Afterwards, feed intake in CoD group was significantly higher ($p < 0.05$) than in other groups. In trial 2 (Table 4), feed intake during the first 12-week period was similar ($p > 0.05$) between CoD and processed seed diets, while the RD intake was lower than that of the control. In the second period, there was a marked reduction of RD intake (62% and 71% with regard to CoD and TD, respectively, $P < 0.05$). TD was significantly more ingested than others diets ($P < 0.05$). CoD and CD intakes were not significantly different. *Mucuna* seed processing restored or even improved feed intake when compared to control.

During the first period of trial 1, mean weights remained similar between groups. At the end of the trial at week 28, the weight of the control birds was significantly higher ($p < 0.05$) than that of animals fed *Mucuna*, the lowest values being observed in RD group ($p < 0.05$). However, all groups reached mean weight close to 1 kg at the end of the experiment. In trial 2, the birds fed on

the CoD were significantly ($p<0.05$) heavier at the end the starting and finishing phases than those having received the experimental diets. Drastic weight reduction was observed in RD group (46.7 % and 40.0% with regard to CoD and CD, respectively). At starting as well at finishing phase, daily weight gain and feed conversion ratio were not significantly different ($P>0.05$) between groups (trial 1). During the first phase in trial 2, daily weight gain and feed conversion ratio were significantly higher in CoD, and, within experimental groups, in CD. During the second phase, daily weight gain and feed conversion ratio were also significantly different ($p<0.01$). Weight gains were similar between CoD and processed seeds. Value was significantly weaker in RD ($P<0.05$). Feed conversion values were similar between CoD and TD ($P>0.05$), and were significantly higher than the 2 others groups ($P<0.05$).

The growth curves of the birds in trials 1 and 2 are reported in Figure 1 and 2, respectively. In CoD groups live weight showed a sigmoid evolution, the growth rate being low the first month, reaching regular value until 5 mo and decreasing afterward. As expected, the profile was similar in the other groups until the 12th week in trial 1. Afterward, the growth was lower and remained linear until the end of the experiment in experimental groups. Mortality rates were high during starter phase in trial 2, particularly RD and TD.

3.3. Carcass characteristics and meat quality

The weights ($p<0.05$) of carcass, breast, back cut, thigh-drumstick, wings and necks were lower in group fed on raw *Mucuna* seed (Table 5), but dressing percentages were similar between groups. The gender did not affect significantly the carcass, breast and back cut weights, while the thigh-drumsticks, heads and legs of the male were found to be significantly heavier ($p<0.05$) than those of the female. The effect of gender was also observed for heart, liver and gizzard weights. Males' heart (8.75 g) was heavier than that of females (4.88 g) while the opposite was observed for liver and gizzard. The liver and heart weights were significantly reduced ($p<0.05$) in birds fed on RD while the gizzard weights were increased significantly with processed seeds diets when compared to CoD and RD groups. *Mucuna* seeds inclusion did not modify meat traits such as pH, drip loss and cooking loss. The ultimate pH varied between 5.7 to 5.76. Drip loss and cooking loss values were comprised between 2.31-3.87 and 11.2-13.42. Moreover, L-Dopa analysis in liver, kidney and breast muscle samples did not reveal the presence of any residues of this substance.

4. Discussion

4.1. Composition of diets

The proximate compositions in *Mucuna* seed, mainly in protein, ether extract and metabolizable energy are closed to the data found in others studies (Emenalom and Udedibie, 2005). Heat processing altered several nutrient concentrations in *Mucuna* seeds. Changes were also observed in proximate composition in *Mucuna* seed by Ukachukwu and Obioha (1997) and Emenalom and Udedibie, (2005). Similarly to our results, these authors observed that the crude protein content was slightly increased (6.5%) when toasting. The control and experimental diets composition are in agreement with requirements reported by INRA (1984) for guinea fowl meat production. The comparison of nutrient values between control and experimental diets showed that their contents in protein were fairly similar. In diets containing *Mucuna*, crude fibre levels were slightly higher and the calculated energy value lowers. *Mucuna* coats probably contributed to increase crude fibre level in diets. *Mucuna* seeds are effectively known to contain more crude fibre and lesser fat than soybeans (Tuleun *et al.*, 2008). The presence of anti nutritional factors in seed is the main challenge in countries where this legume is abundantly grown in fallows. The level of L-Dopa in cooked seed diet was lower than in raw and toasted seed based diet. Generally, L-Dopa level is low in mixture diet. Nevertheless, in spite of these low levels, crude *Mucuna* decreased feed palatability. The effects of heat treatment on feed intake have been yet discussed in a previous paper (Dahouda *et al.*, in press). It has been commonly assumed that many of the negative impacts from *Mucuna* consumption are caused by the presence of L-Dopa, but *Mucuna* is known to contain also a number of other anti-nutritional compounds including polyphenols or tannins, which can bind proteins and lower their digestibility (Siddhuraju *et al.*, 1996; Ravindran and Ravindran, 1988). Phytic acid can reduce bioavailability of certain minerals and reduces the digestibility of proteins (Siddhuraju *et al.*, 1996; Laurena *et al.*, 1994). Trypsin inhibitor activity also has been found in *Mucuna* (Rajaram and Janardhanan, 1991; Del Carmen *et al.*, 1999). According to Flores *et al.*, (2002) and Del Carmen *et al.*, (2002), L-Dopa is not a factor involved in the low feed intake of *Mucuna* diets, but intake improvement in processed *Mucuna* seed diets is due to the reduction of anti-trypsin factors.

4.2. Performance of guinea fowl fed with *Mucuna*

As a rule, *Mucuna* decreased the weight of the birds but thermal treatments lowered strongly the negative effects on animals. In trial 1, all groups reached mean weights close to 1 kg at the end of the experiment suggesting that, when used in adult fowls, *Mucuna* allows reaching commercial weight. In trial 2, mortality rates were particularly high during the starting phase in animals that received either *Mucuna* diets mortgaging thus the use of *Mucuna* sources in keets. The evolution

of live weight in both CoD groups was a sigmoid, as reported also by Nahashon *et al.*, (2006) in guinea fowl. By contrast, *Mucuna* intake did not allow the expression of the different phases of birds growth owing probably to *Mucuna* depressing effect on feed intakes. It must be however noted that the feed conversion ratio was similar between groups and even better in trial 1. At both starting and growing phases, daily weight gain and feed conversion obtained in CoD and with processed seeds were similar to those obtained by Ayorinde and Ayeni (1987) when studying the effect of management systems on the fattening of indigenous guinea fowl. The dramatically lower body weight obtained with raw *Mucuna* diets in trial 2 probably resulted of cumulative adverse effects of anti-nutritional factors from day-old animals. The depressive effects of these factors on poultry weight have been largely reported by Akinmutimi and Okwu, 2006, Siddhuraju *et al.*, 1996, Rajaram and Janardhanan, 1991 and Del Carmen *et al.*, 1999. According to these authors, they reduce not only feed palatability but also the digestibility of the diet, particularly proteins utilisation. For example, tannin has been reported to reduce palatability of the diet due to its astringent property as a result of its ability to bind with protein of saliva and mucosa membranes (D'Mello and Devendra, 1995). In the literature, several results concerning the effects of *Mucuna* processing on poultry performance were largely commented (Farougou *et al.*, 2006; Akinmutimi and Okwu, 2006; Emenalom *et al.*, 2005; Tuleun and Igba, 2008) and results are consistent with our findings (Akinmutimi and Okwu, 2006; Tuleun and gba, 2008). Akinmutimi and Okwu, (2006) and Tuleun and Igba, (2008) found that at both starting and finishing phases, the inclusion of 20 % raw *Mucuna* seed meal reduced birds weight gain, but, cooking *Mucuna* seeds restored growth rate. Thus, they concluded that 20% of cooked seed inclusion in diet is acceptable for growth performance. Farougou *et al.*, (2006) in a similar work aiming at using *Mucuna* meal in growing guinea fowl diet in Benin, obtained higher body weight (704.78 g), better feed conversion ratio (3.39) and daily weight gain (14.29 g/day) at week 12, than those reported in the present study, but with lesser *Mucuna* seed proportions (13.75%).

4.3. Carcass characteristics and meat quality

The thigh-drumsticks, heads and legs of the male were found to be heavier than those of the female. Guinea fowl cocks were described to have bigger head and taller than hens (Le Coz-Douin, 1992). The lowest weights of carcass and cut-parts recorded in group fed on raw *Mucuna* seed is due to the growth depressing reported above. Raw *Mucuna* effects on carcass and organs weights were earlier reported by several authors such as Tuleun and Igba (2008) and Ferriera *et al.*, (2003). Similarly, they observed lower carcass weight and dressing percentages of broilers fed 20% raw *Mucuna* seed meal diets as a result of smaller live weight. Cut-parts weights were improved by seed processed.

The effect of diets on the organs was also noticed. Thus, the liver and heart weights were reduced in birds fed on raw *Mucuna* seed while the gizzard weights were increased in processed seeds diets. Similarly, Carew and Gernat (2006) reported, in their review on *Mucuna*, that weights of the gizzard increased in chicks fed raw *Mucuna* seed, but these changes did not occurred in chicks fed pure L-Dopa. In view of this result, the increase of birds gizzard weights fed on processed *Mucuna* seed based diets don't related to the effects of L-Dopa, but, is probably the expression of the increase muscular work imposed by the higher fibre content of these diets. Moreover, processing rendered seeds hard, which presumably contribute to gizzard muscular development in processed seed diets. The effects of *Mucuna* on liver size were probably partly live weight dependant. But metabolic effects of *Mucuna* seeds can not be excluded.

Mucuna seeds inclusion did not impair meat traits such as pH and water-holding capacity. The ultimate pH (5.7 to 5.76) were similar to values accepted in the meat of guinea fowl (Dahouda *et al.*, not published) and other birds, e. g. broilers (Quentin *et al.*, 2003; Karaoglu *et al.*, 2004; Musa *et al.*, 2006) and turkey (Santé and Fernandez, 2000). The ultimate pH values recorded in breast muscles were close to those indicated (between 5.7 and 5.9) by Santé *et al.*, (2001) in poultry meat. Drip loss and cooking loss determined in breast muscles were lower than values found in broilers meat (Musa *et al.*, 2006). Such difference might be due to factors as rate and extent of pH decline, meat fat content, proteolysis and even protein oxidation (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005).

L-Dopa analyses in livers, kidneys and breast muscles samples did not reveal any presence of tissue residues. Hence, the risks of L-Dopa intake when eating meat from guinea fowl fed on *Mucuna* may be considered as null.

5. Conclusion

Mucuna seed processed in a very simple way could contribute to improve feed of guinea fowl in Benin and its could be a considerable opportunity for smallholder farmers in villages where conventional proteins are scarce. The study shown that at level of 20 % in diet, boiled or toasted *Mucuna* seed can suitably replace soybeans in adults guinea fowl feeding but must be avoided in keets. When comparing birds performance in both trials, we can conclude that, antinutritional impacts were higher in keets than in adults guinea fowl. Finally, analysis did not reveal the presence of L-Dopa in tissue. The consumers of guinea fowl meat fed on *Mucuna* could be thus reassured from L-Dopa intoxication.

6. Acknowledgements

Financial supports were provided from Belgian Technical Cooperation (BTC) and the “Agence Universitaire de la Francophonie (AUF)” to accomplish this study. The authors would like to express to them thanks and gratitude.

7. References

- Adebowale, Y.A., I.A. Adeyemi and A.A. Oshodi, 2005. Variability in the physicochemical, nutritional and antinutritional attributes of six *Mucuna* species. *Food Chem.*, 89: 37-48.
- Akinmutimi, A.H. and N.D. Okwu, 2006. Effect of quantitative substitution of cooked *Mucuna utilis* seed meal for Soybean meal in broiler finisher diet. *Inter. J. Poult. Sci.*, 5: 477-481.
- Ayorinde, K.L. and J.S.O. Ayeni, 1987. Effect of management systems on the fattening of indigenous pearl guineafowl (*Numida meleagris-galeata Pallas*) in Nigeria. *Trop. Agric.*, 64: 185-187.
- Carew, L.B. and A.G. Gernat, 2006. Use of velvet beans, *Mucuna spp.*, as a feed ingredient for poultry: a review. *World's Poult. Sci., J.*, 62: 131-144.
- Dahouda, M., S.S. Toleba, A.K.I. Youssao, S. Bani Kogui, S. Yacoubou Aboubakari, J.-L. Hornick, 2007. Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin. *Family Poult.*, 17: 3-14. www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/infpd/home.html
- Dahouda, M. S.S. Toléba, A.K.I. Youssao, A. Hambuckers, R. Dangou-Sapoho, G. Martin, M. Fillet, J-L. Hornick, Nutrient digestibility of *Mucuna* (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) bean in guinea fowl (*Numida meleagris*, L): effects of heat treatment and levels of incorporation in diets. Accepted in *British Poultry Science* (In press).
- Del Carmen, J., A.G. Gernat, R. Myhrman and L.B. Carew, 1999. Evaluation of raw and heated velvet beans (*Mucuna pruriens*) as feed ingredients for broilers. *Poult. Sci.*, 78: 866–872.
- Del Carmen, J.; Gernat, A.G.; Myhrman R.; Carew, L.B., 2002: Evaluation of raw and heated Velvet beans (*Mucuna pruriens*) as feed ingredients for broilers. In: Flores, B.M., M. Eilitta, R. Myhrman, L.B.Carew, R.J. Carsky, (Ed.), *Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward*. Tegucigalpa, Honduras, 258–271.
- D'Mello, J.P.F. and C. Devendra, 1995. *Tropical legumes in animal nutrition*, CABI publishing, Oxfordshire, Wallingford, United Kingdom, 352 p.
- Dossa, C.S., G.A. Mensah, A.D. Dossa and C. Adoun, 1998. Influence de divers traitements physico-chimiques de graines de *Mucuna pruriens* sur leur composition chimique en nutriments. *Tropicultura*, 16: 141-146.

- Du Preez, J-J. and J. Sales, 1997. Protein and energy requirements of the pearl Grey guinea fowl. *World Poult. Sci. J.*, 53: 381-385.
- Emenalom, O.O. and A.B.I. Udedibie, 2005. Evaluation of different heat processing methods on the nutritive value of *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) seed meals for broilers. *Inter. J. Poult. Sci.*, 4: 543-548.
- Emenalom, O.O. and A.B.I. Udedibie, 1998. Effect of dietary raw cooked and toasted *Mucuna pruriens* seeds (velvet bean) on the performance of finisher broilers. *Nig. J. Anim. Prod.*, 25: 115-119.
- Farougou, S., M. Kpodekon, R. Tokannou, V.D. Djossou, A. Akoutey and I.A.K. Youssao, 2006. Utilisation de la farine de *Mucuna pruriens* (L.) DC dans l'aliment de croissance des pintades (*Numida meleagris*). *Rev. Méd. Vét.*, 157: 502-508.
- Ferriera, H.A., B.K. Peña, A.G. Gernat, L.B. Carew and I.A. Matamoros, 2003. Evaluation of different processing methods of velvet bean (*Mucuna pruriens*) for use as a feed ingredient for broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 1: 277-286. <http://www.uady.mx/~veterina/publicaciones/journal/2002-2-3/Ferriera%20et%20al-b.pdf>
- Flores, L., M.A. Esnaola and R. Myhrman, 2002. Growth of Pigs fed diets with *Mucuna* bean flour (*Mucuna pruriens*) compared to Soybean meal. In: Flores B.M., M. Eilitta, R. Myhrman, L.B. Carew and R.J. Carsky (Ed.), *Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward*, CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 288–305.
- Huff-Lonergan, E. and S.M. Lonergan, 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.*, 71: 194–204.
- INRA 1984. *L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapin, volailles*, Paris, Cedex 07, 23, 282p.
- Iyayi, E.A., V.O. Taiwo, A.O. Fagbohun, 2005. Performance, carcass characteristics, haematological and histopathological studies of broilers fed mucuna (*Mucuna utilis*) bean meal based diets. *Isr. J. Vet. Med.*, 60: 51-58.
- Iyayi, E.A. and V.O. Taiwo, 2003. The effect of diets incorporating *MUCUNA* (*Mucuna pruriens*) seed meal on the performance of laying hens and broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 1: 239-246. <http://www.uady.mx/~veterina/publicaciones/journal/2002-2-3/IyayiTaiwo-b.pdf>
- Karaoglu, M., M.I. Aksu, N. Esenbuga, M. Kaya, M. Macit, and H. Durdag, 2004. Effect of dietary probiotic on the pH and colour characteristics of carcasses, breast fillets and drumsticks of broilers. *Anim. Sci.*, 78: 253-259.
- Larbier, M. and B. Leclercq, 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*. INRA Editions : Paris, France, 355p.

- Laurena, A.C., M.J.R. Revilleza and E.M.T. Mendoza, 1994. Polyphenols, phytate, cyanogenic glycosides, and trypsin inhibitor activity of several Philippine indigenous food legumes. *J. Food Comp. Anal.*, 7: 194-202.
- Le Coz-Douin, J. 1992 : *L'élevage de la pintade*, Edition du Point Vétérinaire, Maison Alfort, Paris, 252p.
- Musa, H.H., G.H. Chen, J.H., Cheng, E.S., Shuipe and W.B. Bao, 2006. Breed and sex effect on meat quality of chicken. *Inter. J. Poult. Sci.*, 5: 566-568.
- Nahashon, S.N., S.E. Aggrey, N.A. Adefope, A. Amenyenu, D. Wright, 2006. Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and Logistic Models. *Poult. Sci.*, 85: 359–363.
- Nahashon, S., N. Adefope, A. Amenyenu, D. Wright, I. Patterson-Brooks, 2004. Understanding growth patterns and genomics of the Guinea fowl. Institute of Agricultural and Environmental Research Seminar Series, Tennessee State University, Nashville, April 28, 2004. http://www.tnstate.edu/iager/seminar_abstracts/nahashon02.htm
- NRC. 2001. *Nutrient requirements of poultry* 7th rev. edn., National research Council, Washington, DC, USA
- Nyirenda, D., M. Musukwa, L.O. Jonsson, 2003. The effects of different processing methods of velvet beans (*Mucuna pruriens*) on L-dopa content, proximate composition and broiler chicken performance. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 1: 253-260. <http://www.uady.mx/~veterina/publicaciones/journal/2002-2-3/Nyirenda%20et%20al-b.pdf>
- Pugalenthi, M., V. Vadivel and P. Siddhuraju, 2005. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. *Utilis*—A Review. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 60: 201–218.
- Pym, R.A.E., 1990. Nutritional genetics. In: CRAWFORD, R.D. (Ed.), *Poultry Breeding and Genetics*, Amsterdam (NL), Elsevier, pp. 847-876.
- Quentin, M., I. Bouvarel, C. Berri, E. Le Bihan-Duval, E. Baéza, Y. Jégo and M. Picard, 2003. Growth, carcass composition and meat quality response to dietary concentrations in fast-medium and slow-growing commercial broilers. *Anim. Res.*, 52: 65–77.
- Rajaram, N. and K. Janardhanan, 1991. The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantea* (Willd) DC. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 41: 45-51.
- Ravindran, V. and G. Ravindran, 1988. Nutritional and anti-nutritional characteristics of *Mucuna* (*Mucuna utilis*) bean seeds. *J. Sci. Food Agric.*, 46: 71-79.
- Santé, V. and X. Fernandez, 2000. The measurement of pH in raw and frozen turkey *Pectoralis superficialis* muscle. *Meat Sci.*, 55: 503-506.

- Santé, V., X. Fernandez, and G.J.P. Monin, 2001. Méthode de mesure de la qualité des viandes de volaille. *INRA Prod. Anim.* 14: 247-254.
- SAS Institute (1999) Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, Carry, NC, SAS Institute Inc.
- Siddhuraju, P., K. Becker, P. Harinder, S. Makkar, 2000. Studies on the nutritional composition and anti nutritional factors of three different germplasm seed materials of an under utilized tropical legume (*Mucuna pruriens* var *utilis*). *J. Agric. Food Chem.*, 48: 6048-6060.
- Siddhuraju, P., K. Vijayakumari, and K. Janardhanan, 1996. Chemical composition and protein quality of the little known legume Velvet bean (*Mucuna pruriens* L.DC.). *J. Agric. Food Chem.*, 44: 2636–2641.
- Tuleun, C.D. and F. Igba, 2008. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed water soaked and cooked velvet bean (*Mucuna utilis*) meal. *Afr. J. Biotechnol.*, 7: 2676–2681.
- Tuleun, C.D., S.N. Carew and I. Ajiji, 2008. Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev.* 20: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/5/tule20081.htm>.
- Ukachukwu, S.N. and F.C. Obioha, 1997. Chemical evaluation of *Mucuna cochinchinensis* as alternative protein feedstuff. *J. Appl. Chem. Agric. Res.*, 4: 34-38.
- Ukachukwu, S.N. and N.J. Szabo, 2003. Effect of processing, additives and vitamin B6 supplementation of *Mucuna pruriens* var *cochinchinensis* on broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 1: 227–237. <http://www.uady.mx/~veterina/publicaciones/journal/2002-2-3/UkachukwuSzabo.pdf>
- Vadivel, V. and K. Janardhanan, 2000. Nutritional and antinutritional composition of velvet bean: An under-utilized food legume in South India. *Inter. J. Food Sci. Nutr.*, 51: 279–287.
- Vijayakumari, K. Smitha, K.B. and K. Janardhanan, 2002. Biochemical characterization of the tribal pulse, *Mucuna utilis* Wall ex. Wight Seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 39: 650–653.

Table 1. Chemical composition of raw, cooked and toasted *Mucuna pruriens* seeds

Heat treatment	Raw	Cooking	Toasting
Chemical composition (% DM)			
Dry matter	93.78	94.95	94.72
Ash	6.57	4.33	4.60
Crude Protein	23.17	32.97	34.33
Crude fibre	9.60	9.50	8.77
Ether extract	4.50	3.43	4.50
Non nitrogen extract	69.00	57.93	57.10
L-Dopa	3.45	1.65	2.19
ME (MJ/kg)	12.8	13.0	13.5

Table 2. Ingredients and chemical composition of control and test diets

Ingredients (%)	CoD	RD	TD	CD
Maize	57.3	50.0	50.0	50.0
Wheat bran	12.0	14.3	14.3	14.3
Soybean meal	20.0	0.00	0.00	0.00
Fish meal	4.0	9.00	9.00	9.00
<i>Mucuna</i> meal	0.0	20.0	20.0	20.0
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25
NaCl	0.25	0.25	0.25	0.25
Shell of mollusc	6.0	6.0	6.0	6.0
Lysine	0,1	0,1	0,1	0,1
Methionine	0,1	0,1	0,1	0,1
Chemical composition				
Dry matter (%)	91.6	90.5	90.1	91.1
Ash (%)	12.2	14.3	11.3	12.5
Crude protein (%)	19.4	19.7	18.8	18.7
Crude fibre (%)	3.3	4.7	4.2	4.3
Ether extract (%)	5.8	4.0	3.8	3.9
Non nitrogen extract (%)	77.3	75.4	77.2	77.4
ME (MJ/kg)	14.5	13.2	13.9	13.6
L-Dopa (%)	0.00	0.427	0.499	0.294

Table 3. Feed intake, growth performance and mortality rate of guinea fowls fed a CoD or diets containing raw, toasted or cooked *Mucuna pruriens* seeds (trial 1)

Parameters	CoD	RD	TD	CD	P>F	RSD
Weight at 0 mo (g)	23.2	22.8	23.3	22.8	0.63	2.1
Weight at 3 mo (g)	487.9	465.8	464.8	485.3	0.69	96.1
Weight at 7 mo (g)	1164.8a	981.3b	1047.5b	1033.5b	0.00	121.1
Daily weight gain 0-3 mo (g/day)	5.5	5.3	5.2	5.5	0.65	1.1
Daily weight gain 3-7 mo (g/day)	5.6a	4.5b	5.2a	4.3b	0.00	0.88
Daily feed intake 0-3 mo (g)	23.4	21.1	18.2	20.7	0.59	10.9
Daily feed intake 3-7 mo (g)	47.5a	42.0b	41.3b	44.0b	0.00	4.4
Feed conversion ratio 0-3 mo	4.6	4.1	3.9	4.1	0.66	1.3
Feed conversion ratio 3-7 mo	10.2	9.9	9.4	10.8	0.85	4.4
Mortality rate 0-3 mo (%)	5.6	6.5	12.9	13.3	NS	
Mortality rate 3-7 mo (%)	14.7	17.2	18.5	23.1	NS	

In a line, values with a common letter are not significantly different

Table 4. Feed intake, growth performance and mortality rate of guinea fowls fed a CoD or diets containing raw, toasted or cooked *Mucuna pruriens* seeds (trial 2)

Parameters	CoD	RD	TD	CD	P>F	RSD
Weight at 0 mo (g)	23.6	24.0	23.6	24.6	0.12	2.5
Weight at 3 mo (g)	553.6a	215.8c	289.6b	392.4d	0.00	116.1
Weight at 7 mo (g)	1164.0a	620.0c	912.3b	1034.3d	0.00	170.5
Daily weight gain 0-3 mo (g/day)	6.3a	2.3c	3.2b	4.4d	0.00	1.4
Daily weight gain 3-7 mo (g/day)	5.2a	3.7b	5.5a	5.7a	0.00	1.2
Daily feed intake 0-3 mo (g)	23.3a	13.1b	19.3ab	21.0ab	0.14	10.8
Daily feed intake 3-7 mo (g)	48.9a	18.5c	63.3b	49.3a	0.00	6.3
Feed conversion ratio 0-3 mo	4.0a	5.6ab	7.7b	5.2a	0.01	2.7
Feed conversion ratio 3-7 mo	11.1a	6.9b	13.6a	9.2b	0.01	5.3
Mortality rate 0-3 mo (%)	20.0a	66.2b	63.8b	50.0b	**	
Mortality rate 3-7 mo (%)	00.0a	29.2b	16.0b	19.2b	**	

In a line, values with a common letter are not significantly different

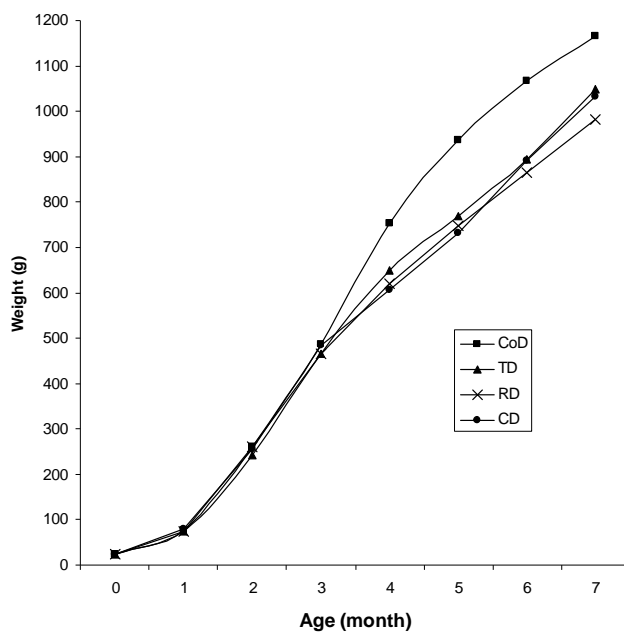


Figure 1. Growth of guinea fowls fed a control diet from 0 to 3 mo before receiving diets containing raw, toasted or cooked *Mucuna pruriens* seeds (trial 1)

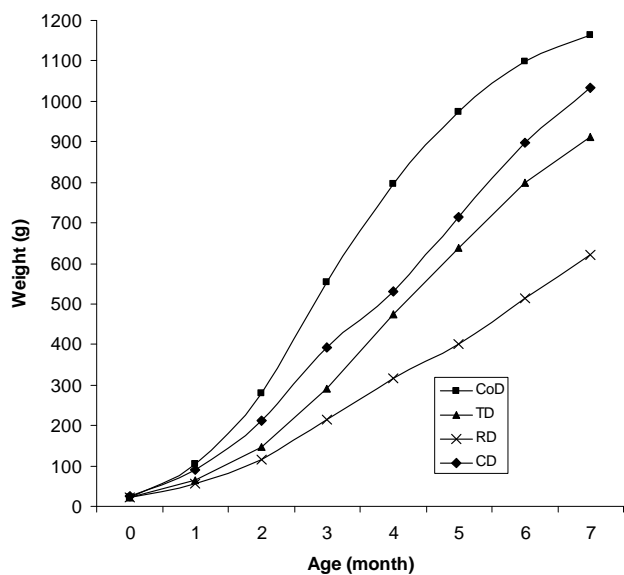


Figure 2. Growth of guinea fowls fed a control diet or diets containing raw, toasted or cooked *Mucuna pruriens* seeds (trial 2)

Table 5. Carcass characteristics and organs weights of guinea fowls fed a control diets or diets containing raw, toasted or cooked *Mucuna pruriens* seeds in trial 2

Variables	Treatments				Sex		P>F Diet	P>F Sex	RSD
	CoD	RD	TD	CD	M	F			
Carcass weight (g)	876.5a	465.8c	706.5b	812.0a	723.6a	706.8a	0.00	0.52	98.6
Breast (g)	224.5a	124.4c	201.9a	200.5a	191.6a	184.1a	0.00	0.38	31.6
Back cut (g)	191.7a	113.1c	166.6b	175.4ab	160.1a	163.2a	0.00	0.67	26.9
Thigh-Dumstick (g)	249.7a	130.8c	207.1b	237.7a	225.3a	187.4b	0.00	0.00	35.5
Wings (g)	105.1a	60.1c	89.0b	97.3ab	90.7a	85.1a	0.00	0.14	14.2
Dressing (%)	72.1a	72.4a	70.0b	71.1ab	71.8a	70.8a	0.08	0.20	2.6
Head (g)	35.7a	31.6b	34.0ac	32.9bc	37.1a	30.0b	0.00	0.00	2.3
Neck (g)	63.2a	35.2c	53.7b	55.9ab	52.1a	51.8a	0.00	0.91	9.7
Leg (g)	28.8a	24.3c	26.2b	27.5ab	29.6a	23.8b	0.00	0.00	2.2
Heart (g)	7.4a	5.8b	7.5a	6.6ab	8.8a	4.9b	0.00	0.00	1.2
Liver (g)	19.6a	16.2a	22.6b	25.9c	18.2a	23.9b	0.00	0.00	3.1
Gizzard (g)	24.1a	24.4a	29.5b	28.7b	22.8a	30.6b	0.00	0.00	2.5
pH 24	5.73	5.76	5.73	5.70	5.74	5.72	0.11	0.14	0.1
Drip loss (%)	3.37	2.31	3.87	3.83	3.41	3.28	0.18	0.78	1.2
Cooking loss (%)	12.17	11.15	11.2	13.42	11.4	12.57	0.48	0.32	2.8

Values with a same letter are not significantly different

Utilisation des cossettes et des feuilles de manioc en finition des pintades (*Numida meleagris*, L) : performances zootechniques coûts de production, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande.

Article 7 – Accepté pour publication dans les *Annales de Médecine Vétérinaire*

DAHOUDA M., TOLEBA S.S., YOUSDAO A.K.I., MAMA ALI A.A., AHOUNOU S., HORNICK J.-L.

RESUME

L'évaluation de l'effet des aliments contenant des cossettes et des feuilles de manioc sur les performances de croissance, les coûts de production et les caractéristiques de la carcasse a été réalisée sur 126 pintades pendant 28 semaines en zone tropicale sub-humide du Bénin. Après 12 semaines d'élevage avec un aliment démarrage (croissance), trois lots de 42 pintadeaux ont été constitués pour la phase de finition: un témoin (lot 1) nourri avec un aliment classique à base de maïs (sans cossettes et feuilles de manioc) et deux expérimentaux nourris avec des aliments contenant des cossettes et des feuilles de manioc à des proportions respectives de 35 % et 8 % pour le lot 2 et, de 25 % et 6 % pour le lot 3. A la fin de l'expérimentation, 18 pintades de chaque lot ont été abattues pour l'étude des caractéristiques de la carcasse et celles de la qualité technologique de la viande. Les quantités d'aliments consommées par animal par jour au cours de l'essai étaient plus importantes dans le lot 1 (35 g) que dans les lots 2 (32 g) et 3 (33 g). Les pintadeaux du lot témoin ont eu un gain moyen quotidien plus élevé que ceux des lots 2 et 3 avec des valeurs respectives de 5,0, 4,5 et 4,5 g/j. En conséquence, les indices de consommation (IC) ont été similaires dans les trois lots d'animaux pendant toute la période de l'expérimentation avec des valeurs de 7,5, 6,7 et 6,9, respectivement pour les lots 1, 2 et 3. A la fin de la croissance, les animaux du lot témoin ont été plus lourds (1029 g) ($P < 0,05$) que ceux des lots 2 (915 g) et 3 (938 g). Aucune influence due à l'incorporation de manioc n'a été observée sur la qualité de la carcasse. Les coûts alimentaires par kilo de gain de poids vif ont été réduits de 24,6 % et de 21,01 % respectivement dans les lots 2 et 3 par rapport à la ration témoin. Il ressort de cette étude que la production de la pintade est plus rentable avec les aliments contenant les feuilles et les cossettes de manioc. Dès lors, ces ingrédients peuvent constituer des sources alternatives d'énergie et de protéines, en particulier au cours de la période de finition.

Mots clés : pintade, manioc, croissance, carcasse, qualité de la viande.

1. Introduction

L'élevage avicole est d'une grande importance pour les ménages béninois, aussi bien en zone rurale que péri-urbaine. Cette activité est largement dominée par la production de poulets, bien que les pintades soient également rencontrées dans tout le pays. L'élevage de la pintade constitue à cet effet une source de revenus non négligeable en milieu rural, en raison de la forte demande pour cet animal (Dahouda, 2003).

En Afrique, le développement de l'aviculture est limité par la disponibilité et la qualité des aliments. Au niveau des élevages modernes, l'aliment est le premier poste intervenant dans le prix de revient et constitue le moyen le plus efficace pour maîtriser les coûts de production et la qualité des produits. En milieu tropical, l'un des objectifs des scientifiques devrait être de trouver des alternatives pour l'alimentation des monogastriques et plus précisément celle des porcs, des volailles et des lapins en valorisant les aliments disponibles localement afin d'assurer la durabilité des activités d'élevage. Dans les pays situés au sud du Sahara, où le déficit céréalier est particulièrement marqué, la valorisation des aliments moins onéreux et peu consommés par l'homme telles que les cossettes et les feuilles de manioc, constituent une alternative pour améliorer la rentabilité des élevages avicoles. La substitution du maïs par des cossettes de manioc se justifie par le prix de cette céréale (qui constitue 50 à 60 % des aliments de volaille) pendant les périodes de soudure. Les feuilles de manioc récoltées au stade végétatif contiennent plus de 25 % de protéines brutes de bonne qualité et pourraient être valorisées pour l'alimentation de la volaille africaine (Wanapat, 2001). Outre leur rôle de substitut au maïs, les feuilles de manioc présentent l'avantage d'apporter des protéines qui sont peu disponibles dans cette région.

L'intérêt de cette étude est de chercher une solution durable pour améliorer la rentabilité de la production de la pintade dans les conditions d'élevage amélioré à travers la valorisation de sous-produits du manioc.

L'étude consiste de manière spécifique à étudier l'effet du remplacement du maïs par des sous-produits du manioc sur les performances des pintades et sur la qualité de leur carcasse et de leur viande.

2. Matériel & méthodes

2.1. Elevage

La ferme expérimentale de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin) a servi de cadre pour l'élevage des animaux. Le climat est de type sub-équatorial

comprenant deux saisons sèches (d'août à mi-septembre et de décembre à mars) et deux saisons pluvieuses (de mars à juillet puis de mi-septembre à début décembre). La pluviométrie moyenne annuelle avoisine 1200 mm et, la température moyenne mensuelle varie entre 27 et 31°C. L'humidité relative de l'air varie selon les mois entre 65% de janvier à mars (en saison sèche) et 97 % de juin à juillet (en saison pluvieuse).

Un bâtiment d'élevage de 50 m² dont les murs ont une hauteur de 90 cm et sont surmontés par un grillage de 2 m a été utilisé. Le chauffage du local a été réalisé par une éleveuse pendant les trois premières semaines. Les pintadeaux utilisés étaient issus d'un noyau reproducteur constitué de types génétiques locaux caractérisés par une variabilité génétique importante. Après 12 semaines d'élevage avec un aliment de démarrage, des pintadeaux non sexés ont été répartis en trois lots de 42 animaux avec une densité de deux pintadeaux par m². L'identification des animaux a été réalisée à l'aide de marques métalliques placées aux ailes. De 90 jours à la fin de l'expérience, les aliments de finition ont été utilisés. La transition alimentaire entre ces deux périodes a été ménagée sur une période de trois jours. Les compositions centésimales des différentes formules alimentaires, les prix de revient par kilogramme d'aliment utilisé par lot d'animaux et les valeurs bromatologiques calculées sont données dans le tableau I. Les formules alimentaires ont été établies en fonction des besoins et de l'âge des animaux, à partir des besoins théoriques répertoriés dans les tables alimentaires, ajustées pour les pintades élevées en milieu tropical (Du Preez et Sales, 1997 ; F.A.O., 1992 ; Larbier et leclercq, 1992). La ration témoin attribuée aux animaux du lot 1 ne contenait ni feuilles ni cossettes de manioc. Les animaux du lot 2 ont reçu une ration dans laquelle 8% de feuilles de manioc et 35% de cossettes de manioc ont été incorporées, tandis que ceux du lot 3, ont été nourris avec un aliment contenant respectivement 6 % de feuilles de manioc et 25 % de cossettes de manioc. L'eau et les aliments étaient distribués *ad libitum*. Les pesées des refus d'aliments ont permis de déterminer les ingestions et les indices de consommation.

Les poids vifs ont été enregistrés entre 0-3 jours après la naissance, puis une fois par semaine jusqu'à l'abattage réalisé à 28 semaines d'âge. Les parasitoses internes ont été traitées selon un programme sanitaire à l'aide d'Amprolium® (1 g/l pendant 5 j) et de Polystrongle® (1 g/l pendant 1 j) respectivement pour la coccidiose et les helminthiases. Les vaccinations contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse ont été réalisées respectivement avec Avi-new® et Bioral H120®.

2.2. Caractéristiques de la carcasse

Dix huit pintades tous sexes confondus de chaque lot ont été abattues à la fin de l'expérimentation pour l'étude des caractéristiques de la carcasse et de la qualité technologique de la viande. Les poids vifs des pintades ont été mesurés avant l'abattage ainsi que les poids des carcasses chaudes à l'aide d'une balance de 2500 g (20 g de précision). Les animaux ont été saignés par section des veines jugulaires puis échaudés dans une eau chaude et plumés manuellement. Les pattes ont été sectionnées à l'articulation tibiotarse-métatarse et la tête séparée du cou à la jonction crâne-atlas. Les organes des cavités abdominales et thoraciques ont été ensuite enlevés. Les issues et les abats (cœur, foie et gésier) ont été pesés à l'aide d'une balance de 100 g (précision 1 g). Les carcasses des animaux abattus ont été conservées au réfrigérateur à une température de 4°C pendant 24h. La découpe de chaque carcasse a ensuite permis de déterminer le poids des blancs, de l'ensemble cuisses - pilons et des ailes.

Les mesures de pH ont été réalisées à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA (HANNA Instruments ®, Italy) muni d'une électrode combinée et équipée d'une sonde de température. Le pH a été mesuré dans le blanc (muscle pectoral interne) de la carcasse une heure après abattage, puis 24 heures plus tard avant la découpe dans les mêmes muscles.

A la découpe, une tranche du muscle *Pectoralis major* du bréchet a été prélevée pour la détermination de la capacité de rétention d'eau. Cet échantillon d'environ 100 g a été suspendu à un crochet dans une poche sans qu'il ne touche le fond de la poche. Gardé 48 heures au réfrigérateur (4°C), l'échantillon a été sorti de la poche sans toucher le fond qui contient le jus d'écoulement et pesé après avoir été légèrement essuyé. Cet échantillon a été ensuite mis dans un sac plastique qui a été scellé après avoir fait le vide. L'échantillon a été placé dans un bain-marie à 75°C pendant 30 minutes, et refroidi sous l'eau courante pendant 40 minutes. La tranche a été sortie du sac et pesée après l'avoir légèrement essuyée. La perte de jus par écoulement a été calculée entre 0 et 48 h et exprimée en pourcentage du poids de départ. La différence de poids avant et après cuisson a donné la perte de jus à la cuisson, exprimée en pourcentage du poids avant cuisson. Les pertes de jus totales ont été calculées comme la somme des pertes par écoulement et des pertes lors de la cuisson.

2.3. Analyse Statistique

Le logiciel SAS (Statistical Analysis System, 1999) a été utilisé pour le traitement statistique du poids, du gain quotidien moyen (GQM), des quantités d'aliments consommés et les indices de consommation (IC), des caractéristiques de la carcasse et de la viande. La procédure *Proc means* a

été utilisée pour calculer la moyenne, la déviation standard et le coefficient de variation. L'analyse de variance a été réalisée par la procédure des modèles linéaires généralisés (Proc GLM). Les effets fixes du modèle étaient le sexe et le lot. Pour les caractéristiques de la carcasse, les quantités d'aliments consommés et les indices de consommation, seul l'effet lot a été pris en compte. La significativité des différents effets du modèle a été déterminée par le test de F. Les moyennes moindres carrés ont été ensuite estimées et comparées deux à deux par le test de t.

3. Resultats

3.1. Performances zootechniques et rentabilité

Le Tableau II donne les poids vifs des animaux par lot et par sexe du démarrage à la fin de l'engraissement. Du début de l'expérimentation jusqu'à la 12^{ème} semaine, les pintadeaux des trois lots ont présenté des poids identiques. L'effet de l'aliment sur le poids des pintadeaux a été observé à partir de la 16^{ème} semaine d'âge où le poids des animaux du lot 1 (657 g) a été significativement plus élevé ($P < 0,001$) que ceux des lots 2 (552g) et 3 (571 g). Ces différences se sont maintenues jusqu'à la fin de l'expérimentation. Les poids à l'abattage ont été de 1029 g, 915 g et 938 g respectivement pour les lots 1, 2 et 3. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les lots expérimentaux (lots 2 et 3) du début à la fin d'engraissement. Pendant la première semaine de la croissance, le poids des femelles a été identique à celui des mâles. Une différence significative ($P < 0,05$) des poids en faveur des mâles a été enregistrée à partir de la 2^{ème} semaine jusqu'à la fin de la 12^{ème} semaine. Une différence non significative ($P > 0,05$) a été également observée de la 16^{ème} semaine à la fin de l'engraissement.

Le tableau III rapporte les gains quotidiens moyens (GQM) par lot calculés chaque mois, du début à la fin de l'expérimentation. Aucune différence n'a été observée pendant le démarrage. Du 4^{ème} au 5^{ème} mois, les pintadeaux nourris à l'aliment témoin ont présenté une croissance supérieure à celle des animaux nourris aux aliments expérimentaux ($P < 0,05$). Au-delà du 5^{ème} mois, les pintadeaux avaient des gains quotidiens moyens identiques. Au total, pendant toute la phase expérimentale, les pintadeaux du lot témoin ont réalisé un GQM significativement plus élevé ($P < 0,05$) que ceux des lots expérimentaux 2 et 3 avec des valeurs respectives de 5,03, 4,48 et 4,51 g/j.

Le tableau IV donne les quantités moyennes consommées par lot exprimées par individu par jour. Les ingestions ont été significativement plus importantes au niveau du lot témoin par rapport aux lots expérimentaux seulement pendant le 4^{ème} et le 5^{ème} mois. Les quantités moyennes

consommées par animal par jour au cours de l'essai ont été significativement plus élevées ($P < 0,05$) dans le lot témoin (34,89 g) que dans les lots expérimentaux 2 (32,01 g) et 3 (32,85 g).

L'IC a globalement augmenté avec l'âge, (tableau V). Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre les trois lots (7,47, 6,71 et 6,85, respectivement pour les lots 1, 2 et 3).

Les calculs économiques réalisés sur la base des coûts alimentaires et des gains de poids par lot d'animaux montrent que, pour produire un kilogramme de poids vif de pintade, il a fallu 1991 F CFA pour l'aliment témoin, 1507 F CFA avec l'aliment contenant 35 % de cossettes et 6 % de feuilles de manioc et 1517 F CFA pour l'aliment contenant 25 % de cossettes et 8 % de feuilles de manioc.

3.2. Caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande en fonction du lot

Les moyennes et les déviations standard résiduelles des différentes caractéristiques de la carcasse et de la viande sont détaillées dans le tableau VI. Aucune différence significative n'a été observée entre les poids des différents morceaux (blancs, ensemble cuisses-pilons, ailes, rendement de la carcasse) de la carcasse en fonction du lot. Les animaux du lot 1 ont présenté un gésier, un cœur et un foie plus lourds que ceux des animaux des lots 2 et 3 ($P < 0,05$). Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée pour les valeurs de pH1, de pH24, de pertes de jus à l'écoulement, de pertes de jus à la cuisson et de pertes de jus totales réalisées sur les viandes des trois lots d'oiseaux.

4. Discussion

4.1. Performances zootechniques et coût alimentaire

La substitution partielle du maïs par des sous-produits du manioc a affecté négativement la croissance et donc le poids à l'abattage. Les résultats de cette étude confirment ceux de Salami et Odunsi (2003) qui ont substitué du maïs par des cossettes de manioc aux taux de 50 %, 75 % et 100% dans les aliments des poules pondeuses. Ils ont ainsi observé qu'une substitution du maïs à 75 % (30 % de l'aliment) par les cossettes de manioc donnait un poids final de 1,55 kg, significativement inférieur à celui observé dans le lot témoin (1,93 kg) et que, au-delà de 75 %, la chute du poids final était beaucoup plus importante. Une autre étude a été réalisée par Mario et Mario (1980) dans le but de substituer du maïs par des cossettes de manioc dans des proportions respectives de 0, 12, 24, 36 et 48 % de l'aliment chez les poulets de chair. Il en ressort que pour les périodes de démarrage, de croissance et de finition, le taux de 36 % de cossettes de manioc a

donné des performances de croissance similaires à celles du lot témoin recevant uniquement du maïs. Par ailleurs, Wyllie et Kinabo (1980) ont montré une diminution linéaire du poids vif avec l'augmentation du taux d'incorporation de manioc.

Dans la présente étude, des feuilles séchées de manioc ont été utilisées dans des proportions de 6 et 8 % dans les lots expérimentaux, mais ces niveaux d'incorporations n'ont pas induit une différence des poids entre ces lots. Les résultats des travaux réalisés par plusieurs auteurs sur la possibilité d'utilisation des feuilles de végétaux comme source de protéines végétales indiquent un taux optimum d'incorporation qui se situe à 5 % chez les poulets et les poules pondeuses. En effet, Basak et collaborateurs (2002) ont rapporté que l'incorporation de farine de feuilles d'*Azolla* jusqu'à 5 % améliore la croissance des poulets ; Agbede et Aletor (2003) ont trouvé qu'au-delà de 2 % de taux d'incorporation de *Glyricidia* dans les aliments de poulets, les performances de croissance chutent. Selon Udedibie et Opara (1998), l'incorporation de 7,5 % de farine de feuilles d'*Alchornia cordifolia* entraîne un effet négatif sur la croissance des poulets ; les poules pondeuses quant à elles tolèrent un niveau de 5 % d'incorporation. Khajareern et Khajareern (1991) suggèrent que la farine de feuilles de manioc peut être incorporée jusqu'à 20 % dans la ration des poulets. Ces différents résultats permettent alors de dire que contrairement aux feuilles de *Glyricidia* et d'*Alchornia cordifolia*, celles de manioc sont beaucoup plus tolérées et mieux valorisées par la volaille. Wyllie et Chamanga (1979) ont expérimenté trois types de feuilles de manioc séchées. Dans une première expérience ils ont constaté que les performances pondérales chutent lorsque la farine de feuilles de manioc constituée par les folioles et les pétioles est substituée par du tourteau de coton dans une proportion de 15 %. Toutefois les performances s'améliorent lorsque les folioles séchées seules sont incorporées à 10 % dans la ration. On pourrait conclure que les feuilles de manioc constituées seulement de folioles possèdent de valeurs alimentaires intéressantes et pourraient être substituées aux tourteaux de coton sans altérer les performances. Par ailleurs, dans la même étude, le sésame a été substitué aux feuilles séchées de manioc de bonne qualité et il ressort que les performances de croissance diminuent lorsque le taux de substitution dépasse 7 % entre 0 et 8 semaines d'âge chez les poulets de chair.

De ces différents résultats, il ressort que les performances des animaux dépendent aussi de la qualité des cossettes et des feuilles de manioc, c'est-à-dire du stade végétatif des feuilles, de la méthode de récolte, de séchage et de conservation de ces sous produits.

La vitesse de croissance des pintades de souche locale est très faible et se situe selon Ayorinde et Ayeni (1987) entre 5,9 et 7,5 g/j. Le GQM des animaux de la présente expérience se rapproche de

cet intervalle mais il est plus faible que celui (8,6 g/j) observé par Saina (2005) sur les pintades locales au Zimbabwe élevées dans les conditions semi intensives. Des valeurs beaucoup plus élevées (16,8 à 18,7 g/j) ont été atteintes avec la souche exotique ISA ESSOR élevée en climat guinéen au Ghana (Teye *et al.*, 2001).

Les consommations moyennes d'aliment sont similaires à celles obtenues dans des conditions similaires au Bénin avec des aliments ne contenant ni cossettes ni feuilles de manioc (Laurenson, 2002 ; Dahouda, 2003). Les niveaux d'incorporation des cossettes et des feuilles de manioc ont faiblement influencé les quantités d'aliments consommées dans la présente étude. Toutefois, la quantité d'aliment consommée par pintade et par jour a eu tendance à diminuer en fonction de la teneur de la ration en cossettes et feuilles de manioc. Salami et Odunsi (2003) rapportent aussi qu'une substitution à 75% du maïs par des cossettes de manioc diminue significativement la consommation d'aliments chez les poules pondeuses. La présente étude va dans le même sens que de nombreuses études qui montrent que les animaux valorisent moins bien les aliments contenant plus de 30 % de cossettes de manioc (Esonu et Udedibie, 1993, Eruvbetine *et al.*, 1996 ; Salami, 2000 ; Salami et Odunsi, 2003). Par ailleurs, chez les poulets l'incorporation des feuilles de *Glyrcidia* au-delà de 2,5 % (Osei *et al.*, 1990), de feuilles d'*Azolla* au-delà de 5 % (Basak *et al.*, 2002) ou des feuilles d'*Alchornia cordifolia* à 7,5 % (Udedibie et Opara, 1998) a entraîné une chute significative de la consommation des aliments par rapport aux lots témoins. C'est cette tendance qui a été observée dans la présente étude et cette chute de la consommation d'aliment a eu pour corollaire une chute de poids des pintadeaux. Ces altérations des performances dues à l'utilisation des feuilles dans l'alimentation de la volaille pourraient être liées à la nature de ces végétaux (teneur en nutriments, fibres ou en facteurs antinutritionnels éventuels). La consommation d'aliment ayant été proportionnelle au gain de poids, aucune différence significative n'a été observée entre les IC des trois groupes dans la présente étude. On peut comparer la présente étude à celle de Mario et Mario (1980) sur la substitution du maïs par des cossettes de manioc dans des proportions respectives de 36 et 48 % de l'aliment des poulets de chair. Les résultats de la présente étude confirment ceux de cette étude dans laquelle le taux de 36 % de cossettes de manioc a donné des IC similaires à ceux du lot témoin contenant uniquement du maïs pour les périodes de démarrage, de croissance et de finition. Par contre, Wyllie et Kinabo (1980) ont substitué les cossettes de manioc par du maïs dans des proportions de 0, 17, 34 et 51 % de la ration et il en est ressorti que l'IC associé à l'aliment contenant 17 % de cossettes de manioc était plus faible que celui du lot témoin nourri au maïs. Ils ont également constaté qu'à partir de 34 % d'incorporation, l'IC augmentait significativement et progressivement. Selon l'étude de Salami et Odunsi (2003) réalisée sur des poules pondeuses, les IC sont plus faibles dans la ration

témoin à base de maïs que dans les aliments contenant des cossettes de manioc en substitution de 50 % du maïs. Néanmoins, en ce qui concerne les coûts de production du kg d'œuf, ils n'ont observé aucune différence significative entre l'aliment témoin et l'aliment contenant les cossettes de manioc. Dans la présente étude, tenant compte de la consommation et du prix de l'aliment de chaque lot, il était beaucoup plus avantageux de produire 1 kg de gain de poids vif avec les aliments expérimentaux. La pintade étant vendue à 1500 F CFA dans les fermes de production et 2500 F CFA dans les centres urbains, il ressort de cette étude que la production de la pintade avec l'aliment témoin entraîne une perte financière pour les producteurs ruraux. Cette perte serait d'autant plus importante si l'éleveur était contraint de garder les oiseaux au-delà de la période couverte par cette expérimentation.

4.2. Caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande

Aucune différence significative n'a été observée entre les poids des différents morceaux de la carcasse en fonction des teneurs en cossettes et feuilles de manioc. La substitution du maïs par les sous-produits du manioc a été associée à des poids de carcasse et d'abats plus faibles. Des résultats similaires ont été obtenus par Wyllie et Kinabo (1980) qui ont substitué le maïs par des cossettes de manioc dans des proportions de 0, 17, 34 et 51 % de la ration. Il ressort de leur étude qu'aucune différence n'a été observée entre les rendements de carcasse des animaux nourris avec les 4 aliments. Toutefois, les animaux nourris à l'aliment témoin ont eu le poids de carcasse le plus élevé et ce poids a chuté en fonction du niveau d'incorporation de cossettes de manioc. Par ailleurs, Donkoh et collaborateurs (1999) ont utilisé 2,5 %, 5% et 7,5% de farine de feuilles de chaya dans les aliments des poulets et ont observé une forte corrélation négative entre le taux d'incorporation et les rendements de carcasse de chaque lot d'animaux. Dans les conditions similaires d'élevage, Dahouda (2003) a obtenu un rendement de carcasse moyen de 67 % avec les aliments ne contenant ni cossettes, ni feuilles de manioc. Les valeurs des poids du cœur, du foie et du gésier observées dans la présente étude sont similaires à celles qui sont rapportées par Laurenson (2002). Dans l'étude présente, le pH1 moyen pour les trois lots d'oiseaux, mesuré 1 heure après l'abattage a été inférieur à celui qui a été observé par Karaoglu et collaborateurs (2004) avec des poulets de chair. Les pH des muscles se stabilisent à une valeur appelée pH ultime, généralement comprise entre 5,7 et 5,9 chez la volaille (Santé *et al.*, 2001). Les valeurs de pH ultime mesurées au niveau des muscles pectoraux des trois lots de pintade sont parfaitement en accord avec l'intervalle indiqué et avec les valeurs trouvées chez les poulets de souche locale en Thaïlande qui est de 5,72 contre 5,93 enregistrée au niveau de la souche chair (Wattanachant *et al.*, 2004). Quentin et collaborateurs (2003) ont trouvé des valeurs de pH₂₄ de $5,59 \pm 0,02$ pour

les poulets à croissance lente contre $6,01 \pm 0,09$ pour ceux à croissance rapide. Les valeurs des pertes à la cuisson rapportées par Wattanachant et collaborateurs (2004) ($19,8 \pm 2,4$ %) chez les poulets chair contre $23,0 \pm 3,1$ % pour les poulets locaux. Les valeurs observées chez la pintade dans la présente étude (20,7 % dans le lot 1, 20,2 % dans le lot 2 et 20,5 % dans le lot 3) sont proches de la valeur obtenue avec le muscle pectoral du poulet de chair. Par contre, les valeurs de pertes de jus par écoulement (4,7 % ; 3,6 % et 4,7 % respectivement pour les lots 1, 2 et 3) obtenues chez la pintade sont plus élevées que celles qui sont rapportées par Quentin et collaborateurs (2003) chez des poulets à croissance rapide ($1,03 \pm 0,09$ %), à croissance moyenne ($1,21 \pm 0,08$ %) et à croissance lente ($1,20 \pm 0,1$ %). Cette différence pourrait être associée à une spécificité de la viande de pintade ou à des conditions *post mortem* telle que l'évolution du pH.

5. Conclusion

L'élevage de la pintade en confinement n'est souvent pas rentable en raison des faibles performances de croissance de la race locale béninoise. La recherche d'une alimentation moins onéreuse et adaptée au rythme de croissance et aux besoins alimentaires de cette volaille, comme c'est le cas de cette étude, présente des avantages sur le plan économique. Malgré des poids moyens à l'abattage plus faibles chez les animaux recevant des cossettes et feuilles de manioc, les dépenses alimentaires par kg de poids ont été réduites avec les rations expérimentales. Les indices de consommations similaires entre les trois lots d'animaux montrent une bonne conversion alimentaire des pintades qui sont aptes à valoriser les feuilles de manioc. Les rendements de carcasse identiques dans les trois lots d'animaux montrent que le manioc et ses feuilles ont permis de produire la même quantité de viande par kg d'aliment dans les trois lots de pintade. Dès lors on peut supposer que ces ingrédients constituent respectivement des sources alternatives d'énergie et de protéines à moindre coût pour suppléer le maïs, au cours de la période de finition durant laquelle les besoins des pintades sont réduits parce que le GQM diminue. La vitesse de croissance étant faible pendant cette période et, en conséquence l'indice de consommation très élevé, l'utilisation des aliments comme le manioc et ses feuilles se justifie. Ces aliments permettent alors d'atteindre des objectifs de production économiquement intéressants dans le cas d'un élevage amélioré en captivité. Au vu de caractéristiques similaires observées au niveau des carcasses des trois lots de pintade, les résultats suggèrent que malgré l'incorporation du manioc et de ses feuilles dans le régime de la pintade, la composition de la carcasse et la qualité de la viande ne sont pas affectées. Une étude plus approfondie sur les qualités technologiques et organoleptiques de la viande de pintade méritent d'être poursuivies en raison du manque de données disponibles pour cette espèce.

6. Remerciements

Les auteurs adressent leur reconnaissance à la Coopération Technique Belge (CTB) ainsi qu'à l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour leur soutien financier.

7. Références bibliographiques

- AGBEDE J. O., ALETOR V. A. Evaluation of fish meal replaced with leaf protein concentrate from *Glyricidia* in diets for broiler-chicks: Effect on performance, muscle growth, haematology and serum metabolites. *Int. J. Poult. Sci.*, 2003, **2**, 242-250.
- AYORINDE K.L., AYENI J.S.O. Effect of management systems on the fattening of indigenous pearl guinea fowl (*Numida meleagris galeata Pallas*) in Nigeria. *Trop. Agric. Trinidad and Tobago*, 1987, **64**, 185-187.
- BASAK B., PRAMANIK Md. A. H., RAHMAN M. S., TARAFDAR S. U., CHANDRA ROY B. Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in broiler ration. *Int. J. Poult. Sci.*, 2002, **1**, 29-34.
- DAHOUDA M. Elevage de la pintade locale dans le département du Borgou au Bénin : Comparaison des caractéristiques de production en station et en milieu rural. Mémoire de DEA en Santé et Productions Animales. Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, 2003, 35p.
- DONKOH A., ATUAHENE C.C., POKU-PREMPEH Y.B., TWUM I.G. The nutritive value of chaya leaf meal (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) Johnston: studies with broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1999, **77**, 163-172.
- DU PREEZ J-J., SALES J. Protein and energy requirements of the pearl Grey guinea fowl. *World Poult. Sci. J.*, 1997, **53**, 381-385.
- ERUVBETINE D., OGUNTONA E.B., JAMES I.J., OSIKOYA O.V., AYODELE S.O. Cassava (*Manihot esculenta*) as an energy source in diets for cockerels. *Int. J. Anim. Sci.*, 1996, **11**, 99-101.
- ESONU B.O., UDEDIBIE A.B.I. The effect of replacing maize with cassava peel meal on performance of weaned rabbits. *Nig. J. Anim. Prod.*, 1993, **20**, 81-85.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Développement de l'élevage de la pintade en régions sèches africaines. Ouagadougou. Séminaires Ed. Vol. 1 et 2. Rome, Italie. 1992, 125.
- KARAOGLU M., AKSU M.I., ESENBUGA N., KAYA M., MACIT M., DURDAG H. Effect of dietary probiotic on the pH and colour characteristics of carcasses, breast fillets and drumsticks of broilers. *Anim. Sci.*, 2004, **78**, 253-259.

- KHAJARERN S., KHAJARERN J.M. Use of cassava products in poultry feeding. In: DAVID MACHIN and SOLVEIG NYVOLD (Eds.), *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in CIAT, Cali, Colombia 1991*, p 141-156.
- LARBIER M., LECLERCQ B. *Nutrition et alimentation des volailles*. INRA Editions : Paris, France, 1992, 355p.
- LAURENSEN P. Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou (Bénin) (Mémoire d'Ingénieur agronome). Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux : Gembloux, 2002, 81 p.
- MARIO E.Z, MARIO G.M. Utilizacion de la harina de yuca (*Manihot esculenta*) en la alimentacion de pallas parrillerosi Agron. *Costarr.*, 1980, **4**, 89-97.
- OSEI S.A., OPOKU R.S., ATUAHENE C.C. *Gliricidia* leaf meal as an ingredient in layer diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1990, **29**, 303-308.
- QUENTIN M., BOUVAREL I., BERRI C., LE BIHAN-DUVAL E., BAÉZA E., JÉGO Y., PICARD M. Growth, carcass composition and meat quality response to dietary concentrations in fast-medium and slow-growing commercial broilers. *Anim. Res.*, 2003, **52**, 65-77.
- SAINA, H. Guinea fowl (*numidia meleagris*) production under smallholder farmer management in guruve district, Zimbabwe. Master of Philosophy thesis. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zimbabwe, 2005, 108 p.
- SAS Institute, SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, 1999 (Cary, NC, SAS Institute Inc.).
- SALAMI R. I., ODUNSI A.A. Evaluation of processed cassava peel meals as substitutes for maize in the diets of layers. *Int. J. Poult. Sci.*, 2003, **2**, 112-116.
- SALAMI R.I. Preliminary studies on the use of parboiled cassava peel meal as a substitute for maize in layers' diets. *Trop. Agri., (Trinidad)*, 2000, **77**, 199- 204.
- SANTE V., FERNANDEZ X., MONIN G.J.P. Méthode de mesure de la qualité des viandes de volaille. INRA. *Prod. Anim.*, 2001, **14**, 247-254.
- TEYE A.G., GYAWU P., DEI H.K. Protein levels in grower diet for exotic ISA ESSOR Guinea fowl (*Numida meleagris*) in a Guinea savana climate. *Ghana J. Agric. Sci.*, 2001, **34**, 95-99.
- UDEDIBIE A.B.I., OPARA C.C. Responses of growing broilers and laying hens to the dietary inclusion of leaf meal from *Alchornea cordifolia*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1998, **71**, 157-164.

WANAPAT M. The role of cassava hay as animal feed. In: Proc. Intern. Workshop on “Current Research and development on Use of Cassava as Animal feed” held in Khon Kaen, Thailand. July 23-24, 2001, pp 13-20.

WATTANACHANT S., BENJAKUL S., LEDWARD D.A. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poult. Sci.*, 2004, **83**,123-128.

WYLLIE D., CHAMANGA P. J. Cassava leaf meals in broiler diets. *Trop. Anim. Prod.*, 1979, **4**, 232-240.

WYLLIE D., KINABO A. Cassava or maize meal for broilers and the effect of supplementation with methionine and sulphate in cassava based diets. *Trop. Anim. Prod.*, 1980, **5**, 182-190.

Tableau I : Composition centésimale, composition chimique et prix de reviens des rations conventionnelles (lot 1) ou contenant des cossettes et des feuilles manioc (lots 2 et 3).

Composition centésimale	Démarrage (%)	Croissance-finition		
		Lot 1 (%)	Lot 2 (%)	Lot 3 (%)
Maïs	49,25	55	20	30
Huile de palme	2	0	3	2
Tourteaux de soja	16	12	8	8
Tourteaux de coton	0	0	0	4
Tourteaux d'arachide	16	15	10	8
Lysine	0,2	0	0,2	0,2
Méthionine	0,1	0,1	0,1	0,1
Farine de poisson	10	8	7	5
Son de blé	5	7,5	7	10
Coquilles d'huîtres	1	0,9	1,25	1,25
Complexe minéral vitaminé 0,25%	0,25	0,5	0,25	0,25
Sel de cuisine	0,2	0,3	0,2	0,2
Phosphate bicalcique	0	0,7	0	0
Cossettes de manioc	0	0	35	25
Feuilles de manioc	0	0	8	6
Total	100	100	100	100
Composition chimique (%)				
Protéines brutes	24,37	17,02	17,58	17,75
Lysine	1,4	1,3	1,35	1,24
Acides aminés soufrés	0,6	0,46	0,46	0,45
Calcium	0,87	0,85	0,8	0,74
Phosphore	0,37	0,26	0,25	0,25
Energie métabolisable (kcal/kg)	2911,21	2630,10	2633,02	2626,40
Prix de revient (FCFA/kg)	260,81	268,135	213	209,12

Tableau II : Poids vif (moyenne moindre carré, déviation standard résiduelle (DSR) et coefficient de variation (CV)) des pintades en fonction du régime alimentaire (lot 1 recevant une ration conventionnelle, lots 2 et 3 recevant une ration contenant des cossettes et des feuilles manioc) ou du sexe.

Variable	Régime (g)			Sexe		DSR	CV (%)	Signif.lot	Signif.sexe
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Femelle	Mâle				
P0	24,5a	24,8a	25,6a	25,0a	24,9a	2,3	9,0	NS	NS
P2	47,8a	46,0a	47,7a	43,7a	48,1b	6,1	15	NS	**
P4	95,1a	98,1a	97,3a	85,9a	97,4b	23,5	19,4	NS	**
P8	250,5a	260,7a	255,0a	212,0a	262,1b	43,8	27,1	NS	**
P12	456,1a	465,3a	471,0a	424,0a	462,3b	43,8	27,3	NS	*
P16	657,3b	551,6a	571,1a	562,9a	623,8a	170,8	28,8	*	NS
P20	812,5b	669,6a	676,3a	692,0a	746,9a	151,6	21,1	***	NS
P24	942,4b	800,2a	815,7a	834,7a	870,8a	129,5	15,1	***	NS
P28	1029,3b	915,4a	938,4a	928,4a	993,7a	141,8	14,8	**	NS

* significatif au seuil de 5% ; ** significatif au seuil de 1% ; *** significatif au seuil de 1% ; NS : non significatif ; les moyennes de la même ligne suivies des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% ; Pi : poids à la ième semaine ; signif. lot : signification de l'effet de l'aliment ; signif. sexe : signification de l'effet du sexe.

Tableau III : Gain quotidien moyen (moyenne mensuelle et erreur standard) des pintades en fonction du régime alimentaire (lot 1 recevant une ration conventionnelle, lots 2 et 3 recevant une ration contenant des cossettes et des feuilles manioc).

Variable	Lot 1		Lot 2		Lot 3		Test de Signification
	Moyenne	ES	Moyenne	ES	Moyenne	ES	
GQM 1	3,3a	0,2	3,4a	0,2	3,4a	0,2	NS
GQM 2	5,2a	0,7	5,4a	0,8	5,3a	0,8	NS
GQM 3	6,8a	0,7	6,8a	0,7	7,0a	0,8	NS
GQM 4	6,5a	1,0	5,6b	1,1	5,8b	0,5	*
GQM 5	5,6a	0,8	4,2b	1,0	3,9b	1,0	**
GQM 6	4,7a	0,7	5,6a	0,7	5,0a	0,7	NS
GQM 7	3,0a	0,4	3,8a	0,4	4,0a	0,3	NS
Moyenne	5,0a	0,2	4,5b	0,4	4,5b	0,3	*

* significatif au seuil de 5% ; ** significatif au seuil de 1% ; NS : non significatif ; les moyennes de la même ligne suivies des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% ; GMQ i : gain moyen quotidien du ième mois.

Tableau IV : Consommation quotidienne (moyenne mensuelle et erreur standard exprimées en g par jour) des pintades en fonction du régime alimentaire (lot 1 recevant une ration conventionnelle, lots 2 et 3 recevant une ration contenant des cossettes et des feuilles manioc).

Variable	Lot 1		Lot 2		Lot 3		Test de Signification
	Moyenne (g)	ES	Moyenne (g)	ES	Moyenne (g)	ES	
Cons. 1	12,0a	0,7	12,0a	0,7	12,0a	0,7	NS
Cons. 2	20,9a	1,1	20,8a	1,1	20,9a	1,1	NS
Cons. 3	26,2a	0,7	26,2a	0,7	26,2a	0,7	NS
Cons. 4	40,6a	0,8	31,9b	0,8	32,5b	0,8	**
Cons.5	47,5a	1,1	39,4b	1,1	40,1b	1,1	**
Cons. 6	48,8a	1,8	47,8a	1,8	47,8a	1,8	NS
Cons. 7	48,2a	1,9	45,8a	2,2	50,4a	2,1	NS
Moyenne	34,9a	1,2	32,0b	1,2	32,8b	1,2	*

* significatif au seuil de 5% ;** significatif au seuil de 1% ; NS : non significatif ; les moyennes de la même ligne suivies des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%, CONS i : consommation quotidienne du ième mois.

Tableau V : Indice de consommation (moyenne mensuelle et erreur standard) des pintades en fonction du régime alimentaire (lot 1 recevant une ration conventionnelle, lots 2 et 3 recevant une ration contenant des cossettes et des feuilles manioc)

Variable	Lot 1		Lot 2		Lot 3		Test de signification
	Moyenne (g)	ES	Moyenne (g)	ES	Moyenne (g)	ES	
IC 1	3,6	1,2	3,5	2,0	3,5	1,3	NS
IC 2	4,0	1,5	3,8	1,4	3,9	1,4	NS
IC 3	3,8	1,1	3,9	1,5	3,7	1,9	NS
IC 4	9,9	4,4	5,7	2,3	5,4	2,1	NS
IC 5	8,8	2,2	9,4	3,3	9,2	4,4	NS
IC 6	10,4	3,2	8,6	3,1	9,5	2,3	NS
IC 7	11,7	3,0	12,1	2,1	12,6	2,5	NS
Moyenne	7,5	2,1	6,7	2,7	6,9	3,0	NS

NS : non significatif, IC i : indice de consommation du ième mois.

Tableau VI : Caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande (moyenne et déviation standard résiduelle) des pintades en fonction du régime alimentaire (lot 1 recevant une ration conventionnelle, lots 2 et 3 recevant une ration contenant des cossettes et des feuilles de manioc).

Variables	Lot 1	Lot 2	Lot 3	DSR	Test de signification
Poids vif (g)	1050,4a	915,0b	945,0b	131,8	**
Poids carcasse à chaud (g)	741,7a	656,7b	670,0b	102,1	*
Poids des blancs (g)	201,4	191,1	204,7	35,8	NS
Poids des cuisses + pilons (g)	207,1	197,4	201,8	33,0	NS
Poids des ailes (g)	109,4	101,4	102,4	14,6	NS
Rendement carcasse (%)	70,6	71,6	70,7	1,6	NS
Poids du cœur (g)	6,5	5,8	5,2	1,3	*
Poids du foie (g)	17,8a	13,5	13,6	2,9	**
Poids du gésier (g)	25,1a	23,7b	22,3b	2,9	**
pH 1	6,2	6,2	6,2	0,1	NS
pH 24	5,9	5,8	5,8	0,1	NS
Perte de jus à l'écoulement (%)	4,7	3,6	4,7	3,2	NS
Perte de jus à la cuisson (%)	20,7	20,2	20,5	2,4	NS
Perte de jus totale (%)	25,3	23,9	25,1	3,6	NS

Chapitre VI

Discussion générale

1. Discussion générale

Cette étude a permis d'objectiver les contraintes qui pèsent sur l'élevage traditionnel de la pintade locale au Bénin et de mettre en évidence l'intérêt nutritionnel des ressources alimentaires non conventionnelles, plus spécifiquement les graines de mucuna et accessoirement les feuilles de manioc pour améliorer cet élevage.

1.1. Caractéristiques des élevages de pintade en milieu villageois du Bénin

Au Bénin, comme dans la plupart des pays au sud du Sahara, l'élevage de poulets et la mélagriculture sont intimement associés, puisque l'incubation et l'élevage des pintadeaux sont réalisés par les poules (Sanfo *et al.*, 2007 ; Dahouda *et al.*, 2007 ; Ayeni et Ayanda, 1982). Cet élevage qui se pratique de manière traditionnelle est caractérisé par un système de production extensif dans lequel tous les animaux sont divaguant et se nourrissent essentiellement sur les parcours. Ils disposent d'abris sommaires et exigus et ne bénéficient ni de programmes de prophylaxie sanitaire ni d'une alimentation adaptée (Dahouda *et al.*, 2007 ; Sanfo *et al.*, 2007 ; Saina 2005 ; Bounkougou, 2005 ; Hien *et al.*, 2002 ; Chrysostome, 1993 ; Ayeni et Ayanda, 1982). Dans ces conditions, les pertes sont souvent très importantes (Dahouda *et al.*, 2007 ; Hien *et al.*, 2002). Dans les élevages villageois, de faibles effectifs de pintades (10 à 50) sont élevés et renouvelés chaque année, avec des maxima observés entre juin et juillet. Une partie des adultes - animaux de plus de 6 mois - est vendue avant la ponte et un noyau de reproducteurs est conservé pour assurer le renouvellement de l'effectif, mais aussi pour constituer une réserve financière, la vente d'oiseaux et d'œufs étant le principal objectif des producteurs (Dahouda *et al.*, 2007).

L'analyse du système de production de la pintade dans les élevages étudiés a montré que la pintade locale est caractérisée par un faible poids adulte dépassant rarement 1500 g aussi bien en élevage traditionnel qu'en milieu contrôlé et ce, malgré de meilleures conditions alimentaires et sanitaires. L'élevage en captivité présente donc des limites. Dans les conditions d'élevage en divagation, le poids moyen à six mois d'âge a été de 1121 ± 100 g. Ce poids est en accord avec les valeurs proches de 1 kg rapportées par Ayeni (1983) et Sanfo *et al.* (2008). Toutefois, une variabilité pondérale à âge type est observée dans la littérature. Ces variations sont nécessairement le reflet des différences génétiques et de conduite des élevages. L'importance des traitements anti-parasitaires sur les performances pondérales des animaux élevés en milieu rural a été démontrée à travers cette étude (Dahouda *et al.*, 2008). En effet, un lot d'animaux vermifugés a présenté une supériorité pondérale (1221 ± 107 g) par rapport au groupe non traité (1007 ± 31 g). Ce résultat confirme la nécessité d'un suivi sanitaire en milieu rural.

Le suivi des performances de reproduction dans le milieu rural et en station situe l'âge des femelles à la première ponte entre 7 et 9 mois avec un poids moyen de 1220 ± 97 g (Dahouda *et al.*, 2007 ; Dahouda *et al.*, 2008). Les pontes sont hivernales. La disponibilité des aliments tels que les produits animaux divers, la verdure et l'eau au cours de cette période stimulerait la reproduction (Sanfo *et al.*, 2007). Les travaux en milieu rural indiquent que les couvées sont réalisées dans 95,5 % des cas par les poules avec un nombre moyen de 14 ± 4 œufs incubés par poule et un taux global d'éclosion de 70 % pour une durée moyenne d'incubation de 26 jours (Dahouda *et al.*, 2008). En 2008, Sanfo *et al.*, ont déterminé en milieu rural Burkinabé une couvaision moyenne de $27,5 \pm 2,4$ jours en saison sèche contre $27,8 \pm 2,8$ jours en saison hivernale avec des taux d'éclosion apparents respectifs de 75,0 % et de 90,0 %. Selon ces auteurs le nombre d'œufs par poule par couvée est fonction du format de celle-ci et varie de 25 à 30. Les différences observées au niveau de ces paramètres de reproduction pourraient être attribuées à des facteurs influençant l'éclosion tels que la durée de stockage des œufs avant les incubations, les conditions de leur conservation (hygrométrie, température) et les conditions d'incubation (Nwagu, 1997).

Malgré son importance économique, nutritionnelle et sociale, la pintade élevée en totale liberté au Bénin reste peu productive en raison de son exposition à une forte mortalité juvénile, aux pathologies, à la prédation, au climat, et à un logement et une alimentation inadéquats (Dahouda *et al.*, 2007 ; Bounkougou, 2005). Dans ce type d'élevage, les problèmes sont similaires à ceux rapportés dans les élevages traditionnels du Ghana (Teye et Adam, 2000) et du Burkina Faso (Sanfo *et al.*, 2007). La principale plainte généralement rapportée par les éleveurs traditionnels est la perte des pintadeaux entre 0 et 2 mois d'âge. Ces pertes peuvent concerner jusqu'à 90 % des éclosions annuelles si l'éleveur ne prend pas très tôt des dispositions pour le suivi des pintadeaux. Dans le cadre de cette étude, la chute de la probabilité cumulée de survie a été la plus importante durant les 50 premiers jours de vie au cours desquels, un taux de mortalité de près de 50 % a été observé. Cette moyenne est très proche du taux de mortalité de 51 % trouvé dans trois villages de la région centrale du Burkina Faso (Sanfo *et al.*, 2007), tandis qu'une enquête réalisée en 1998 par Bessin *et al.*, dans deux zones climatiques du même pays a révélé une mortalité plus importante pouvant atteindre 73 % des sujets de 0 à 3 mois d'âge. Selon Hien (1999), ce taux peut parfois atteindre 100 % des effectifs éclos. Les causes biologiques incriminées sont surtout parasitaires. Les analyses de fientes en milieu rural ont montré des fréquences élevées d'ascaridiose, de syngamose, de capillariose et de coccidiose (Dahouda *et al.*, 2008 ; Bessin *et al.*, 1998). Les germes tels que *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Proteus* sp. et *Candida albicans*, isolés sur les pintades pourraient également favoriser ces pertes (Bessin *et al.*, 1998). Les différentes enquêtes sur les causes de mortalités des pintadeaux

en milieu rural s'accordent sur le fait que la période humide et « froide » (juillet et août au Bénin) propice à la multiplication des germes, coïncide avec le pic des mortalités (Bessin *et al.*, 1998 ; Sanfo *et al.*, 2007; Dahouda *et al.*, 2008). Toutefois, les producteurs reconnaissent la résistance des animaux adultes aux maladies aviaires par rapport aux poulets (Sanfo *et al.*, 2007). Le succès de cet élevage dépendra donc de l'importance accordée par l'éleveur au suivi des jeunes au cours de cette période critique.

Par ailleurs, les enquêtes ont permis de mettre en exergue d'autres difficultés signalées par les mélégriéristes. Ces contraintes semblent être inhérentes à l'élevage de la pintade en raison de leurs similitudes dans la sous région (Burkina Faso, Bénin, Ghana, Niger et Nigeria). Les éleveurs de ces régions rapportent la prédation des pintades par divers animaux (serpents, éperviers, fourmis, canards etc.), les pertes par les vols d'animaux et d'œufs, les accidents, l'insuffisance alimentaire, le problème de conservation des œufs (Dahouda *et al.*, 2008 ; Dahouda *et al.*, 2007 ; Sanfo *et al.*, 2007 ; Teye et Adam, 2000 ; Ayeni et Ayanda, 1982).

Le système traditionnel accorde, certes, une plus grande liberté aux pintades en leur permettant d'avoir un mode de vie « semi sauvage » qui leur convient bien, puisque leur domestication n'est pas encore complète. Le principal inconvénient de ce système reste la faible prolificité des animaux en raison des pertes importantes attribuables à la divagation des animaux. Il convient alors d'identifier une stratégie intermédiaire à ces deux modes d'élevage, protégeant à la fois les animaux des menaces extérieures, et leur accordant une liberté leur permettant de consommer de la verdure, des insectes et d'autres aliments disponibles sur les parcours.

1.2. L'effet de la saison sur le régime alimentaire de la pintade divaguante

L'objectif de ce travail étant d'améliorer l'alimentation de la pintade, il était important d'évaluer et d'analyser les apports alimentaires dans un système en liberté, puisque contrairement aux poulets, les besoins des pintades sont encore imparfaitement maîtrisés. L'identification et la quantification des différents composants alimentaires, ainsi que la détermination de la composition chimique et de la valeur alimentaire des aliments ingérés par les pintades au cours de la divagation a mis en évidence des déficits structurels mais également conjoncturels liés aux variations saisonnières de la qualité, de la disponibilité ou de l'accessibilité des aliments pendant certaines périodes de l'année.

Les résultats de cette étude, comme ceux rapportés par Gunaratne *et al.*, (1993), Pousga *et al.*, (2005) et Goromela *et al.*, (2006), ont montré que la disponibilité et la qualité des ressources

alimentaires ingérées par les pintades sur les parcours varient selon les saisons. La supplémentation apportée par les éleveurs, non pas tant dans un but nutritionnel mais dans celui de domestiquer les animaux en les habituant à revenir à la ferme (Dahouda *et al.*, 2007), varie aussi en fonction de la période de l'année, associée aux récoltes ou aux semis par exemple (Pousga *et al.*, 2005). L'analyse quantitative des contenus de jabot en termes de matière sèche montre une abondance relative des ressources alimentaires en saison des pluies contrairement à la période sèche. Le poids moyen des jabots a été en effet significativement plus élevé en saison des pluies ($26,8 \pm 15,9$ g) par rapport à la saison sèche ($15,3 \pm 8,6$ g). Les graines de céréales et les graines d'herbacées restent les composantes majoritaires de ce régime en saison sèche aussi bien qu'en saison des pluies. Ces deux ingrédients constituent donc l'aliment de base des pintades élevées en liberté. Les produits animaux divers, les feuilles de végétaux et les minéraux ont été abondamment ingérés en saison des pluies en raison de la richesse des parcours en ces éléments au cours de cette période. Les mêmes observations avaient été faites par Tadelle et Ogle (2000) sur les poulets divaguant en Ethiopie. Au total, 31 ingrédients alimentaires ont été identifiés, ce qui montre une forte diversité de la composition physique des contenus de jabot des pintades par rapport aux poulets. Ces oiseaux sont donc moins sélectifs et tirent une grande partie de leur alimentation de la nature malgré l'importance relative - en termes de quantité - des grains supplémentés. La variabilité des ingrédients ingérés sur les parcours indique également que même en l'absence de tout apport alimentaire par l'éleveur, la pintade s'adapte mieux aux conditions les plus difficiles. Cette inféodation des pintades aux ressources naturelles montre clairement qu'elle s'adapte bien au mode d'élevage en divagation.

Intuitivement, on pouvait s'attendre au fait que les pintades trouvent beaucoup de ressources d'origine animale, telles que des insectes, dans leur alimentation de parcours. Contre toute attente, il s'est avéré que ces animaux souffraient autant de carences en protéines qu'en énergie. Les compositions chimiques des contenus de jabots trouvés dans cette étude montrent que les nutriments ingérés pendant la divagation, ainsi que les apports des éleveurs, sont insuffisants pour subvenir aux besoins d'entretien, de croissance et de production d'œufs. Les mêmes conclusions ont été faites par plusieurs autres chercheurs tels que Goromela *et al.*, (2006), Pousga *et al.*, (2005), Sonaiya *et al.*, (2002) sur les poulets élevés en liberté. Des corrections protéo-énergétiques, de même que minérales, notamment calciques, sont nécessaires pour combler les déficits. L'utilisation d'aliments complets formulés à base de ressources locales disponibles pourrait solutionner en partie le problème. Il en a découlé logiquement le besoin d'identifier de ressources non conventionnelles suffisamment riches en protéines, pouvant assurer une certaine complémentation des animaux. Parmi ces ressources, les graines de légumineuses tel que le

Mucuna contiennent des nutriments adéquats permettant d'atteindre cet objectif. C'est ce qui justifie les études sur la digestibilité, la croissance et la qualité de viande des pintades nourries à base de *Mucuna*.

1.3. Digestibilité des graines de *Mucuna*

Pour les producteurs ruraux de volaille au Bénin, la supplémentation doit être basée sur l'utilisation des ingrédients disponibles à moindre coût au niveau des villages. Les graines de *Mucuna* sont disponibles mais elles sont sous exploitées en raison des facteurs toxiques qu'elles contiennent. Une étude en station portant sur la digestibilité des graines de *Mucuna* comme source alternative de protéine par rapport au soja a donc été mise en place. Cette étude a permis d'étudier les propriétés nutritionnelles de la graine, d'évaluer les effets des traitements sur les teneurs des facteurs anti-nutritionnels et de mesurer *in vivo* le niveau de valorisation de cette légumineuse.

Les traitements thermiques rapportés dans la littérature entraînent des modifications parfois contradictoires de la composition chimique des graines. Une harmonisation des méthodes de traitement est sans doute nécessaire. Dans ce travail, les traitements thermiques ont amélioré les teneurs en protéines tandis que les taux de fibres brutes ont été réduits. L'influence des traitements thermiques sur la composition chimique des graines de légumineuse avait été rapportée dans plusieurs études (Aletor and Ojo, 1989 ; Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Kwaku *et al.*, 1999). Les changements intervenus au cours des traitements représentent en fait le résultat des modifications physico-chimiques entraînées par le toastage et la cuisson. En accord avec les résultats de cette étude, une réduction significative de 52 % du taux de la L-Dopa a été constatée dans les graines bouillies par rapport à celles qui ont été toastées (Myhrman, 2002 ; Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Janardhanan *et al.*, 2003), montrant ainsi l'efficacité de cette méthode.

Les analyses des graines de *Mucuna* montrent qu'elles représentent une source potentielle d'énergie et de protéines pour l'alimentation de la volaille (Dahouda *et al.*, in press). Les valeurs de la digestibilité des nutriments dans les aliments à base de mucuna sont élevées et sont en accord les valeurs trouvées dans d'autres études (Iyayi *et al.*, 2008). Ces valeurs montrent que les graines de mucuna peuvent être d'une grande utilité chez les petits producteurs africains qui n'ont pas aisément accès aux sources de protéines conventionnelles. La digestibilité élevée des fibres brutes des graines serait en rapport avec la solubilité des fibres contenues dans les graines, ce qui constitue un atout pour ce type de volaille. Le traitement thermique a influencé significativement la digestibilité des nutriments, excepté celle de la matière grasse, conformément à d'autres résultats (Bressani *et al.*, 2003 ; Iyayi *et al.*, 2008 ; Siddhuraju *et al.*, 1996). Le traitement a

permis d'améliorer la digestibilité des protéines brutes, comme cela a été observé dans des études antérieures (Adewale *et al.*, 2007 ; Amaefule and Nwagbara 2004). Les faibles valeurs de digestibilité des protéines de mucuna seraient attribuables à leur structure qui les rendent résistantes aux attaques protéolytiques (Deshpande *et al.*, 1992) ainsi qu'aux effets de composés tels que les phénols, les tannins et les saponines qui contribueraient à cette diminution de la digestibilité (Oduguwa *et al.*, 2007). Cependant, les graines de mucuna traitées convenablement peuvent être utilisées pour nourrir la pintade.

1.4. Effets de l'utilisation des graines de mucuna et des feuilles et cossettes de manioc sur les performances des pintades et la qualité de la viande

Les graines de mucuna ont été largement testées comme ingrédient alimentaire chez le poulet (Emenalom et Udedibie. 2005 ; Iyayi *et al.*, 2005), tandis que très peu d'études ont été consacrées à la pintade (Dahouda *et al.*, in press). Ces études ont tenté de remplacer le tourteau de soja ou la farine de poisson par le mucuna (Akinmutimi et Okwu, 2006 ; Ukachukwu et Szabo, 2003). Même si les performances obtenues avec le mucuna n'ont pas été comparables à celles obtenues avec des protéines conventionnelles, les traitements appliqués aux graines ont permis d'améliorer la productivité des animaux.

Dans la littérature comme dans cette étude, les effets dépressifs des graines de mucuna sur la croissance de la volaille (Iyayi *et al.*, 2005 ; Siddhuraju *et al.*, 1996 ; Rajaram et Janardhanan, 1991) et sur la production d'œufs (Tuleun *et al.*, 2008 ; Okorie et Udedibie, 2008) ont été notées. Cette étude a également rapporté une réduction drastique de la consommation alimentaire au niveau des groupes nourris au mucuna cru (Dahouda *et al.*, in press). Les faibles performances signalées sont probablement liées aux facteurs toxiques tels que la L-dopa (Ravindran et Ravindran, 1988 ; Siddhuraju *et al.*, 2000), aux taux d'incorporation élevés de mucuna, parfois à un traitement inadéquat des graines et à la faible consommation alimentaire qui serait liée à la présence des facteurs anti-trypsiques dans les graines (Flores *et al.*, 2002 et Del Carmen *et al.*, 2002). Cependant, l'utilisation de 20 % de graines de mucuna bouillies a permis d'atteindre des performances pondérales intéressantes après 28 semaines de production tandis que les poids des sujets nourris aux graines non traitées ont été significativement plus faibles. Les sujets nourris au mucuna après 3 mois d'âge ont présenté une supériorité pondérale par rapport à ceux recevant le mucuna dès le début de la croissance. Ni les gains moyens quotidiens ni les indices de consommation des animaux ayant reçu le mucuna traité après 3 mois d'âge n'ont été affectés, confirmant ainsi l'effet bénéfique des traitements sur les performances des animaux et indiquant que l'influence négative des facteurs toxiques concerne principalement les juvéniles.

Le poids moyen de la carcasse (466 g) ainsi que les différents morceaux de la découpe (877 g) ont été significativement plus faibles dans le groupe ayant consommé le mucuna cru par rapport au témoin confirmant ainsi les effets dépressifs précédemment cités sur la croissance. Tuleun et Igba (2008) avaient également obtenu le même résultat avec les poulets ayant consommé 20 % de mucuna cru. Cependant, la production de viande a été similaire chez le groupe témoin (877 g) et ceux ayant reçu le mucuna bouilli (812 g), probablement en raison de la réduction des substances toxiques dans les graines traitées. L'effet de l'aliment contenant le mucuna sur la taille des organes a été noté, notamment une augmentation significative du poids de gésier dans les lots ayant reçu les aliments contenant le mucuna traité. La littérature ne rapporte aucune relation entre la consommation de mucuna et le changement constaté au niveau de cet organe, mais cette augmentation pourrait être due à une intense activité musculaire associée au taux élevé de fibres contenues dans les rations à base de mucuna. Cette étude indique d'autre part une réduction du poids moyen des foies des animaux nourris avec un aliment à base de mucuna cru. Dans ce cas l'effet métabolique dû aux graines de mucuna ne peut pas être exclu. L'incorporation des graines de mucuna dans la ration n'a pas modifié la qualité de la viande, puisque les paramètres mesurés tels que le pH et la capacité de rétention d'eau ont été similaires dans les groupes. En plus, les analyses des foies, des reins et des muscles ne révèlent pas la présence de L-dopa dans ces tissus, considérée comme le principal facteur toxique. Ces résultats permettent donc d'affirmer que la consommation de la viande de pintade élevée aux graines de mucuna ne présente pas de risque pour la santé des consommateurs.

L'introduction de feuilles et de cossettes de manioc dans l'aliment avait, quant à elle, pour but de réduire la quantité de maïs incorporé dans le complément des oiseaux afin de limiter la concurrence alimentaire avec l'homme. En effet, le maïs est la matière première la plus importante en termes de quantité (50 à 60 %) dans l'aliment de la pintade. Il entraîne une hausse du prix de revient de l'aliment pendant la période sensible. Les performances enregistrées à 28 semaines avec les feuilles et cossettes de manioc ont été significativement plus faibles par rapport à celles du groupe témoin. Les poids à l'abattage ont été de 1029 g pour le lot témoin et de 915 g et 938 g pour les lots expérimentaux. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée au niveau du poids des différents morceaux (blancs, ensemble cuisses-pilons, ailes) et du rendement de la carcasse, en fonction du lot. Les résultats de cette étude corroborent les analyses de Chauynarong *et al.*, (2009) qui mettent en évidence le besoin d'exploiter des sources d'énergie meilleur marché pour la production animale et de remplacer les céréales chères pour soulager la concurrence avec l'alimentation humaine. Au cours des prochaines années, l'augmentation probable des prix de l'énergie entraînera, par effet communicatif ou suite à la spéculation, celle

des matières premières couramment utilisées chez la volaille. Les producteurs devront alors augmenter le recours à d'autres ressources. Aussi, la substitution du maïs par les feuilles et les cossettes de manioc permettrait-elle de réduire le coût de production de la pintade. Ces ingrédients constituent par ailleurs une opportunité pour réduire la concurrence entre l'homme et la volaille pour la consommation de maïs.

Conclusions générales et perspectives

Conclusions générales et perspectives

Cette étude a permis de mettre en évidence les contraintes de la mélagriculture, selon qu'on se situe dans un système traditionnel ou dans un élevage amélioré. L'habitat, l'alimentation, la mortalité des pintadeaux, le parasitisme, la prédation, les intempéries limitent la production de la pintade en milieu rural tandis que les problèmes liés à l'élevage en claustration sont le stress et les risques d'étouffement. La croissance des pintades élevées en station n'est pas supérieure à des pintades élevées en totale liberté, ce qui indique que la valorisation des aliments complets par les pintades n'est pas encore maîtrisée. La pratique d'un mode d'élevage intermédiaire semble donc se justifier.

L'étude des contenus de jabot fournit de nouvelles informations sur les stratégies de la complémentation de la pintade en milieu rural. Elle a permis de montrer que l'alimentation de la pintade en liberté dépend aussi bien de l'environnement que de la complémentation. Cette complémentation est insuffisante au cours des deux saisons pour optimiser la production de la pintade en milieu rural. Une complémentation protéo-énergétique (0,15 MJ /jour/animal soit environ 12 g de concentré apportant 5 g de protéines et 1 g de calcium /animal/jour) se révèle adaptée.

La digestibilité des graines de mucuna présente de bonnes valeurs. L'incorporation dans l'alimentation de 12 % à 20 % de ces graines bouillies de manière adéquate ne présente pas d'effets négatifs ni sur la croissance des animaux adultes, ni sur l'appétibilité des aliments qu'ils consomment. L'analyse de la viande issue des animaux nourris avec des graines de mucuna ne montre aucune présence de L-dopa dans les tissus, cette viande ne présente donc aucun danger pour les consommateurs. Les graines de mucuna constituent donc une opportunité pour les petits producteurs en Afrique.

Les feuilles et les cossettes de manioc constituent des sources alternatives d'énergie et de protéines à moindre coût pour suppléer le maïs, en particulier au cours de la période de finition au cours de laquelle les besoins des pintades sont réduits parce que leur croissance diminue. Ces aliments permettent alors d'atteindre des objectifs de production économiquement intéressants dans le cas d'un élevage amélioré en semi captivité. Ils semblent d'autre part constituer un complément adéquat des graines de mucuna.

Au vu de ces résultats, l'utilisation des matières premières locales disponibles parfois en abondance et n'entrant pas dans l'alimentation humaine se justifie d'autant plus que le manque et le coût des aliments importés constituent un handicap au développement de l'aviculture en Afrique. Cependant, avant d'envisager la valorisation de ces ressources, plusieurs obstacles restent à lever pour que ces aliments contribuent réellement à l'amélioration de la mélagriculture : les études sur l'élimination des principes toxiques contenus dans les aliments non conventionnels doivent être approfondies et harmonisées, les méthodes de traitement vulgarisables en milieu paysan et les formules alimentaires simples contenant un maximum de graines de mucuna bouillies ou d'autres graines de légumineuses non conventionnelles doivent être mises au point, des études doivent être envisagées sur la détermination des besoins nutritionnels réels des pintades locales, un compromis entre le mode d'élevage traditionnel et la claustration étroite doit être trouvé. La semi-claustration et la complémentation des animaux pourraient donc permettre d'améliorer la productivité des pintades. L'atteinte de ces objectifs nécessite une collaboration étroite entre les acteurs de l'aviculture, dont les éleveurs, les chercheurs et les agents de développement rural.

La possibilité d'élaborer des aliments complets constitués uniquement de ressources non-conventionnelles est, en soi, porteuse d'espoir. Elle ne doit pas être considérée comme une tentative de replis protectionniste de pays pauvres mais comme une volonté d'échapper à la faim.

Références bibliographiques

- ADEWALE I.E., OLOGHOBO D.A., GOUS M.R. Influence of processing of Mucuna (*Mucuna pruriens var utilis*) and Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) on the performance and nutrient utilization of broilers chickens. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 168-174.
- AKINMUTIMI A.H., OKWU N.D. Effect of quantitative substitution of cooked *Mucuna utilis* seed meal for Soybean meal in broiler finisher diet. *Inter. J. Poult. Sci.*, 2006, **5**, 477-481.
- ALETOR V.A., OJO O.I. Changes in differently processed soya bean (*Glycine max.*) and lima bean (*Phaseolus lunatus*) with particular reference to their chemical composition and their mineral and some inherent anti-nutritional constituents. *Die Nahrung*, 1989, **33**, 1009–1016.
- AMAEFULE K.U., NWAGBARA N.N. The effect of processing on nutrient utilization of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) seed meal and Pigeonpea seed meal based diets by Pullets. *Int. J. Poult. Sci.*, 2004, **3**, 543-546.
- AYENI J.S.O. Studies of grey breasted helmet Guinea fowl (*Numida meleagris galeata Pallas*) in Nigeria. *World's Poult. Sci. J.*, 1983, **39**, 143-151.

- AYENI J.S.O., AYANDA J.O. Studies on husbandry production and social acceptance of guinea fowl in Nigeria - *Bull. Anim. Hlth. Prod. Africa*, 1982, **30**, 139-148.
- BESSIN R., BELEM A.M., BOUSSINI G., COMPAORE H., KABORET Z., DEMBELE M. A. Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Fasso. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1998, **51**, 87-93.
- BOUNKOUNGOU G.F.X. Characteristics and performance of Guinea fowl production under improved and scavenging conditions in the Sahelian region of Burkina Faso. MSc thesis Specialisation in Poultry Production and Health. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, 2005, 68p.
- BRESSANI R., LAU M., SILVIA VARGAS M. Protein and cooking quality and residual content of dehydroxyphenylalanine and of trypsin inhibitors of processed *mucuna* beans (*Mucuna* spp). *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 197 -212.
- CHAUYNARONG N., ELANGO VAN A.V., IJI P.A. The potential of cassava products in diets for poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 2009, **65**, 23-35.
- CHRYSOSTOME, C. (1993) Possibilités et problèmes liés à l'élevage de la pintade en milieu villageois. *Production avicole villageoise en Afrique*, 1993, 57-65.
- DAHOUDA M., SENOU M., TOLEBA S.S., BOKO C.K., ADANDEDJAN J.C., HORNICK J.L. Comparaison des caractéristiques de production de la pintade locale (*Meleagris numida*) en station et dans le milieu villageois en zone soudano-guinéenne du Bénin. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2008, 20. Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/daho20211.htm>
- DAHOUDA M., TOLEBA S.S., YOUSAO A.K.I., BANI KOGUI S., YACOUBOU ABOUBAKARI S., HORNICK J.-L. Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin. *Family Poult.*, 2007, **17**, 3-14. www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/infpd/home.html
- DAHOUDA M., TOLÉBA S.S., YOUSAO A.K.I., HAMBUECKERS A., DANGOU-SAPOHO R., MARTIN G., FILLET M., HORNICK J.-L. Nutrient digestibility of *Mucuna pruriens* var. *utilis* bean in guinea fowl (*Numida meleagris*, L): effects of heat treatment and levels of incorporation in diets. Accepted in *British Poult. Sci.* (In press).
- DEL CARMEN J., GERNAT A.G., MYHRMAN R., CAREW L.B. Evaluation of raw and heated Velvet beans (*Mucuna pruriens*) as feed ingredients for broilers. In: FLORES, B.M., EILITTA M., MYHRMAN R., CAREW L.B., CARSKY R.J., (Ed.), *Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward*. Tegucigalpa, Honduras, 2003, 258-271.
- DESHPANDE S.S. Food legumes in human nutrition. A personal perspective. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 1992, **32**, 333-363.

- EMENALOM O.O., UDEDIBIE A.B.I. Evaluation of different heat processing methods on the nutritive value of *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) seed meals for Broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 2005, **4**, 543-548.
- FLORES L., ESNAOLA M.A., MYHRMAN R. Growth of Pigs fed diets with *Mucuna* bean flour (*Mucuna pruriens*) compared to Soybean meal. In: Flores B.M., Eilitta M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and Feed from Mucuna: Current Uses and the Way Forward, CIDICCO: Tegucigalpa, Honduras, 2002, 288–305.
- GOROMELA E.H., KWAKKEL R.P., VERSTEGEN M.W.A., KATULE A.M. Strategies to optimize the use of scavengeable feed resource base by smallholders in traditional poultry production systems in Africa: A review. *Afr. J. Agric. Res.*, 2006, 3, 91–100.
- GUNARATNE S.P., CHANDRASIRI D.N., MANGALIKA HEMALATHA W.A.P., ROBERTS J.A. Feed resource base for scavenging chickens in Sri Lanka. *Trop. Anim. Health Prod.*, 1993, 25, 249–257.
- HIEN O.C. Lutte intégrée contre la mortalité des pintadeaux au centre- ouest du Burkina faso. Mémoire DEA, Science biologiques, option physiologie Animale, FSAT, Université de Ouagadougou, 1999, 54p.
- HIEN O.C., BOLY H., BRILLARD J.P., DIARRA B., SAWADOGO L. Effets des mesures prophylactiques sur la productivité de la pintade locale (*Numida meleagris*) en zone sub-humide du Burkina Fasso. *Tropicultura*, 2002, 20, 23-28.
- IYAYI E.A., KLUTH H., RODEHUTSCORD M. Effect of heat treatment on antinutrients and precaecal crude protein digestibility in broilers of four tropical crop seeds. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 2008, **43**, 610-616.
- IYAYI E.A., TAIWO V.O., FAGBOHUN A.O. Performance, carcass characteristics, haematological and histopathological studies of broilers fed mucuna (*Mucuna utilis*) bean meal based diets. *Isr. J. Vet. Med.*, 2005, 60, 51-58.
- JANARDHANAN K., GURUMOORTHY P., PUGALENTHI M. Nutritional potential of five accessions of a south indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var *utilis*: The effect of processing methods on the content of L-dopa, phytic acid, and oligosaccharides. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 141 – 152.
- KWAKU A., DADZIE M., OSEI-BONSU P. Composition and functional properties of raw and heat processed velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var *utilis*) flours. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 1999, **34**, 131–135.
- MAEP (MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE). Document de stratégie de réduction de la pauvreté au Bénin. Secrétariat permanent, République du

- Bénin. Commission Nationale pour le Développement et la Lutte contre la Pauvreté (CNDLP), 2002, 77p.
- MYHRMAN R. Detection and removal of L-dopa in the legume *Mucuna*. In: Flores M, Eilitta M, Myhrman R, Carew L, Carsky R (Eds.), Proceedings of the International Workshop on Food and Feed from *Mucuna*: Current Uses and the Way Forward. CIDICCO: Honduras, 2002, 142–163.
- NWAGU B.I. Factors affecting fertility and hatchability of guinea fowl eggs in Nigéria. *World's Poult. Sci. J.*, 1997, 53, 279-285.
- ODUGUWA O.O., PIRGOZLIEV V., ACAMOVIC T. Energy metabolisability and digestibility of amino acids by broilers fed on malted sorghum sprouts supplemented with polyethylene glycol, charcoal, phytase and xylanase. *British Poult. Sci.*, 2007, **48**, 55-63.
- OKORIE K.C., UDEDIBIE A.B.I. Evaluation of leaf meals from *Mucuna Pruriens* (L) D.C Var *Utilis* as feed ingredients to laying hens. *Int. Sci. Res. J.*, **1**, 53-59.
- POUSGA S., BOLY H., LINDBERG J.E., OGLE, B. Scavenging pullets in Burkina Faso: effects of season, location and breed on feed and nutrient intake. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2005, 8, 623–634.
- RAJARAM N., JANARDHANAN K. The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantea* (Willd) DC. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1991, **41**, 45-51.
- RAVINDRAN V., RAVINDRAN G. Nutritional and anti-nutritional characteristics of *Mucuna* (*Mucuna utilis*) bean seeds. *J. Sci. Food Agric.*, 1988, **46**, 71–79.
- SAINA H., Guinea fowl (*Numidia meleagris*) production under smallholder farmer management in Guruve district, Zimbabwe. Masters of Philosophy thesis. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zimbabwe, 2005, 108 p.
- SANFO R. BOLY H. SAWADOGO L. BRIAN O. Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 2008, 61, 135-140.
- SANFO R., BOLY H., SAWADOGO L., OGLE B. Caractéristiques de l'élevage villageois de la pintade locale (*Numida meleagris*) au centre du Burkina Faso. *Tropicultura*, 2007, 25, 31-36.
- SIDDHURAJU P., BECKER K., MAKKER H.S. Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germplasm seed materials of an under-utilized tropical legume, *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 6048–6060.
- SIDDHURAJU P., VIJAYAKUMARI K., JANARDHANAN K., Chemical composition and protein quality of the little known legume Velvet bean (*Mucuna pruriens* L.DC.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 2636–2641.

- SONAIYA E.B., DAZOGBO J.S., OLUKOSI O.A. Further assessment of scavengable feed resource base. In: Characteristics and parameters of family poultry production in Africa. IAEA, Vienna, 2002, 193-200.
- TADELLE D., OGLE B. Nutritional status of village poultry in the central highlands of Ethiopia as assessed by analyses of crop contents. *Ethiopian J. Agric. Sci.*, 2000, **17**, 47-57.
- TEYE G.A., ADAM M., Constraints to Guinea fowl production in northern Ghana : A case study of the Damongo area. *Ghana J. agric. Sci.*, 2000, **33**, 153-157.
- TULEUN C.D., CAREW S.N., AJIJI I. Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2008, **20**. Adresse URL: <http://lrrd.org/lrrd20/5/tule20081.htm>
- TULEUN C.D., IGBA F. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed water soaked and cooked velvet bean (*Mucuna utilis*) meal. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 2676-2681.
- UKACHUKWU S.N., OBIOHA F.C., Chemical evaluation of *Mucuna cochinchinensis* as alternative protein feedstuff. *J. Appl. Chem. Agric. Res.*, 1997, **4**, 34-38.
- UKACHUKWU S.N., SZABO N.J., Effect of processing, additives and vitamin B6 supplementation of *Mucuna pruriens* var *cochinchinensis* on broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 227-237.
- WANJEKECHE E., WAKASA V., MUREITHI J.G. Effect of germination, alkaline and acid soaking and boiling on the nutritional value of mature and immature *mucuna* (*mucuna pruriens*) beans. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 183 – 192.