Effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (Hevea brasiliensis) ou de tourteaux d'anacarde (Anacardium occidentale) sur les performances de pintades (Numida meleagris) en Côte d'Ivoire

Gningnini Alain Kone

▶ **To cite this version:**

Gningnini Alain Kone. Effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (Hevea brasiliensis) ou de tourteaux d'anacarde (Anacardium occidentale) sur les performances de pintades (Numida meleagris) en Côte d'Ivoire. Science des productions animales. Agrocampus Ouest, 2019. Français. NNT : 2019NSARC143 . tel-02787338

HAL Id: tel-02787338
https://hal.inrae.fr/tel-02787338

Submitted on 1 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE ECOLOGIE BRETAGNE GEOSCIENCES LOIRE AGRONOMIE ALIMENTATION

AGRO CAMPUS OUEST

THESE DE DOCTORAT DE

AGROCAMPUS OUEST
COMUE UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 600
Ecole doctorale Ecologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation
Spécialité : Sciences Agronomiques

Par
Gningnini Alain KONE

Effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou de tourteaux d'anacarde (*Anacardium occidentale*) sur les performances de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire

Thèse présentée et soutenue à AGROCAMPUS OUEST, le 25 septembre 2019

Unité de recherche : UMR 1348 PEGASE - Alimentation et Nutrition

Thèse N° : 2019-14

C-143

Composition du Jury :

Rapporteurs : Guido Rychen, Professeur, Université de Lorraine
Michel Duclos, Directeur de Recherche, INRA

Examinateurs : Lucile Montagne, Professeure, AGROCAMPUS OUEST
Denis Bastianelli, Ingénieur/PhD, CIRAD
Hervé Juin, Ingénieur de Recherche/PhD, INRA

Dir. de thèse : Maryline Kouba, Professeure, AGROCAMPUS OUEST

‘‘Il n’y a pas d’un côté la recherche fondamentale et de l’autre la recherche appliquée. Il y a la recherche et les applications de celle-ci, unies l’une à l’autre comme le fruit de l’arbre est uni à la branche qui l’a porté’’.

Louis Pasteur.

Dédicace

A Akoss Victoire ANAGO
A mes enfants, mes frères et sœurs
Considérez ce travail comme une référence
Afin qu'il vous serve à mieux faire dans la vie
Ce travail se doit d'avoir été réalisé pour vous

A mon Père Wahokra KONE et ma Mère N'Tié OUATTARA
Recevez ce travail comme signe de vos prières et bénédictions

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de manière directe ou indirecte à la réalisation de ce travail, d'une part en Côte d'Ivoire, et d'autre part, dans les institutions Françaises (AGROCAMPUS OUEST et l'INRA de Rennes).

Je remercie la Cooperation Francaise : Projet C2D-ESA_AMRUGE-CI (Appui à la Modernisation et à la Réforme des Universités et Grandes Ecoles de Côte d'Ivoire) pour le financement de ce travail.

Toute ma gratitude à Grégoire THOMAS (Directeur d'AGROCAMPUS OUEST) et à Florence GONDRET (Directrice de l'UMR PEGASE/INRA) pour mon accueil.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Moustapha Karam SANGARE (Directeur général adjoint de l'INP-HB), à Siaka KONE (Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agronomie) (ESA) et à Kouadio Paul-Martial KOUAKOU (Directeur du Département Agriculture et Ressources Animales de l'INP-HB) pour leur contribution à la réalisation de cette thèse par alternance.

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde gratitude au Professeur Maryline KOUBA promotrice de cette thèse. Au cours de cette formation doctorale, j'ai pu bénéficier de sa disponibilité, de son suivi rigoureux, de son soutien, de son expérience et de sa rigueur scientifique. Elle a toujours répondu promptement à toutes mes sollicitations. Elle m'a encouragé dans les moments difficiles. J'ai été particulièrement touché par sa simplicité et ses qualités humaines. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma plus vive et profonde reconnaissance.

Je suis profondément reconnaissant à Thierry BAILHACHE (Professeur à l'Université de Rennes 1) et David RENAUDEAU (Directeur de Recherches de l'UMR 1348 PEGASE à l'INRA de France) qui ont accepté de faire partie de mon comité de thèse. Nos échanges fructueux et leur disponibilité ont été déterminants dans la qualité de ce document.

Je remercie Lucile MONTAGNE, Directrice adjointe du Département P3AN (Production Animale, Agro-Alimentaire et Nutrition) à AGROCAMPUS OUEST, site de Rennes ainsi que le personnel administratif, les techniciens, et les Enseignants chercheurs du Laboratoire de Sciences et Productions Animales d'AGROCAMPUS OUEST sans qui, mon séjour en France n'aurait pas pu être si intéressant.

Qu’ils trouvent ici non seulement une simple formule de remerciements, mais l’expression de ma profonde gratitude.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance au personnel, Doctorants et stagiaires du Laboratoire de Zootechnie et Production Animale de l’ESA en particulier N’Goran David Vincent KOUAKOU, Konan Raphael N’GUESSAN, Gouha Firmin KOUASSI, Konan Jean-Baptiste ALLA, Serge KOUADIO, N’Guessan Ella KOUADIO, Nimedjom Affissata KONE, Youssouf GNAKABI, Alain KOUADIO, N’Gbin Ouffouet Békan N’Ti KOUASSI, Zingbé Alexandre MAH, N’Guessan Ghislain Ulrich YAO et Assoma Lionel Leroy YAPI pour leur aide précieuse durant la conduite des essais.

Je remercie tous les éleveurs de pintades des 15 régions de Côte d’Ivoire enquêtées qui ont spontanément adhéré à ce projet de recherche et l’ont soutenu de manière motivée et disponible lors des travaux de terrain.

Je ne peux terminer sans remercier la famille KONE pour son soutien moral, sa patience et son sacrifice.

Résumé

Effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou de tourteaux d'anacarde (*Anacardium occidentale*) sur les performances de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire

L'élevage de pintades est un moyen important de lutte contre la pauvreté et l'amélioration des conditions de vie des ménages ruraux africains. Sa production augmente dans les pays en développement où la demande en viande (source de protéines animales) est en hausse. Le coût élevé et l'indisponibilité des matières premières importées destinées à l'alimentation animale, telles que le maïs et le soja, constituent des facteurs limitants pour le développement de cet élevage. Il est donc nécessaire d'étudier d'autres ressources locales non-conventionnelles pour la production de pintades en Côte d'Ivoire. L'objectif de ce travail était : 1) de poser un diagnostic de l'élevage pour faire un panorama des conditions d'élevage de la pintade ; 2) d'évaluer l'effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou de tourteaux d'anacarde (*Anacardium occidentale*) dans le régime de la pintade (*Numida meleagris*) locale ou sélectionnée élevée en Côte d'Ivoire, sur ses performances et les qualités nutritionnelle et sensorielle de sa viande. Le travail a consisté d'abord à la réalisation d'une enquête auprès des éleveurs de pintade dans 96 villages et districts de 15 régions choisies au hasard parmi les 31 régions ivoiriennes. Ensuite, une étude de l'effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa et de noix de cajou déclassées en remplacement partiel du soja, sur les performances de deux souches de pintades (pintades locales et pintades Galor sélectionnées) a été réalisée. Les performances et la qualité de la viande ont été étudiées. Enfin, une analyse sensorielle sur la viande de ces pintades a été menée. La thèse a permis d'établir un diagnostic de l'élevage de pintades en Côte d'Ivoire. La production de pintades est pratiquée par toutes les couches sociales, sans distinction de sexe, de religion, de niveau d'instruction ou de groupe ethnique. Il s'agit essentiellement d'une source de revenus, mais le contexte socio-économique et culturel influence considérablement l'approche de la production de pintades. Malheureusement, tel que pratiqué actuellement, l'élevage de la pintade se caractérise par une faible productivité. Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette faible productivité, dont les principaux sont l'alimentation déséquilibrée des pintades, la forte mortalité des pintadeaux et la quasi-absence de géniteurs à caractères améliorés.

Les tourteaux de noix de cajou (TA) et les tourteaux de graines d'hévéa (TH) ont été testés dans l'alimentation des pintades, comme sources de protéines. L'utilisation de TH dans l'alimentation des pintades en croissance-finition n'a pas eu d'effet négatif sur les performances de croissance et le rendement en carcasse alors que l'utilisation de TA a conduit à des performances inférieures en comparaison au régime témoin avec soja. L'utilisation de TH a entraîné une forte diminution du gras abdominal en comparaison au régime témoin et une faible teneur en triglycérides et en cholestérol sanguins. De plus, la richesse du tourteau de graines d'hévéa en acides gras polyinsaturés n-3 a été montrée, et l'inclusion de TH alimentaire a permis d'enrichir la viande de pintade en acides gras polyinsaturés n-3, améliorant ainsi considérablement sa valeur nutritionnelle. L'analyse sensorielle a montré une préférence pour la pintade nourrie avec l'aliment contenant le tourteau d'hévéa. Il n'y a pas eu de préférence pour une souche particulière de pintades (pintades locales ou pintades Galor). Le tourteau d'hévéa peut être utilisé dans le régime alimentaire de la pintade sans effet néfaste sur les performances, avec une diminution de la graisse abdominale, des triglycérides et du cholestérol plasmatiques, et une viande saine enrichie en acides gras oméga-3 et préférée par le consommateur Ivoirien. En conclusion, le tourteau de graines d'hévéa est un bon substitut partiel au soja dans l'alimentation de la pintade locale ou d'importation, en Côte d'Ivoire.

Mots clefs : Pintade, *Hevea brasiliensis*, *Anacardium occidentale*, alimentation, acides gras oméga-3, Côte d'Ivoire, qualités nutritionnelle et sensorielle de la viande de pintade.

Articles scientifiques et Communication orale

Articles scientifiques

Koné G.A., Kouassi G.F., Kouakou N.D.V. & Kouba M., 2018. Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast. *Poultry science*, *97*(12):4272-4278.

Koné G.A., Good M. & Kouba M., 2019. Performance of guinea fowl fed hevea (*Hevea brasiliensis*) seed meal or cashew nut (*Anacardium occidentale*) meal as a partial substitute for soya bean meal in sub-saharian Africa, Animal (Accepté).

Communication orale

Koné G.A., Kouassi G.F., Kouakou N.D.V. & Kouba M., 2017. Typologie des éleveurs de pintades (*Numida meleagris*) de Côte d'Ivoire. In 12emes Journées de la Recherche Avicole et des Palmipèdes à Foie Gras (p. np), 05 et 06 avril 2017. INRA-ITAVI. Tours-France.

Sommaire

Dédicace ---- **3**
Remerciements ---- **4**
Résumé ---- **6**
Articles scientifiques et Communication orale ---- **8**
Sommaire ---- **9**
Index des figures ---- **11**
Index des tableaux ---- **12**
Index des abréviations ---- **14**
INTRODUCTION GENERALE ---- **16**
Chapitre I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ---- **19**
I : LE CADRE DE L'ETUDE ---- **20**
1. Présentation de la Côte d'Ivoire ---- 20
2. Situation de l'aviculture en Côte d'Ivoire ---- 20
3. Situation actuelle de la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire ---- 21
4. Intérêt et rôle socio-économique de la pintade ---- 22
5. Autres sources de proteines animales potentiellement intéressantes et/ou prometteuses pour l'alimentation des populations ivoiriennes ---- 24
II : LA PINTADE ET SON ELEVAGE ---- **25**
1. Taxonomie, histoire, origine et expansion ---- 25
1.1. Taxonomie ---- 25
1.2. Histoire, origine et expansion ---- 25
2. Facteurs influençant les paramètres zootechniques des pintades ---- 26
2.1. Facteurs intrinsèques ---- 26
2.2. Facteurs extrinsèques ---- 27
2.2.1. Aliment ---- 27
2.2.2. Système d'élevage ---- 28
2.2.3. Environnement ---- 28
3. Alimentation des pintades ---- 28
3.1. Apports nutritionnels recommandés ---- 28
3.2. Matières premières valorisées en alimentation des pintades ---- 29
3.3. Matières premières valorisables en alimentation des pintades en Côte d'Ivoire ---- 29
3.3.1. Noix de cajou (*Anacardium occidentale*) ---- 30
3.3.2. Graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ---- 31
4. Croissance, muscle et qualité de la viande de pintade ---- 32
4.1. Croissance ---- 32
4.2. Développement musculaire ---- 32
4.3. Qualité de la viande de pintade ---- 33
4.3.1. Qualité nutritionnelle de la viande de pintade ---- 33
4.3.2. Effet des acides gras n-3 sur la qualité nutritionnelle de la viande de pintade ---- 35
4.3.3. Qualité organoleptique de la viande de pintade ---- 36
Conclusion de l'étude bibliographique ---- 38
OBJECTIFS DE LA THESE ---- **39**
Chapitre II : ENQUETE EN COTE D'IVOIRE ---- **40**
Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast ---- **42**
Abstract ---- 42
1. Introduction ---- 43
2. Materials and methods ---- 43
2.1. Location of the Survey ---- 43
2.2. Methodology of the Survey ---- 43
2.3. Sampling ---- 44
2.4. Statistical Analysis ---- 44
3. Results and discussion ---- 45
3.1. Socio-Economic Data ---- 45
3.2. Animal Husbandry ---- 45
3.3. Main Determinants of Guinea Fowl Farming by the Classification Analysis ---- 46
3.4. Evaluation of Technical and Zootechnical Knowledge of Guinea Fowl Farmers ---- 47

3.5. Global Typology of Guinea Fowl Farmers ---- 48
3.6. Constraints of Guinea Fowl Farming in Ivory Coast ---- 49
References ---- 50
Chapitre III : ETUDE EXPERIMENTALE---- 53
Performance of guinea fowl fed hevea (Hevea brasiliensis) seed meal or cashew nut (Anacardium occidentale) meal as a partial substitute for soya bean meal in Africa -- 55
Abstract---- 55
1. Introduction---- 57
2. Materials and methods ---- 57
2.1. Experimental site situation ---- 57
2.2. Diets ---- 57
2.3. Animals ---- 58
2.4. Animal performance ---- 58
2.5. Carcass composition and sample collection ---- 59
2.6. Chemical Analyses---- 59
2.7. Statistical analysis---- 60
3. Results ---- 61
3.1. Composition of cashew and hevea seed meals---- 61
3.2. Animal performance ---- 61
3.3. Carcass characteristics ---- 62
3.4. Blood biochemistry---- 62
3.5. Fatty acid profiles of breast muscle ---- 64
4. Discussion---- 64
References ---- 67
Chapitre IV : ANALYSE SENSORIELLE ---- 71
Caractéristiques organoleptiques et préférence des consommateurs pour la viande de deux souches de pintade nourries aux tourteaux l'hévéa (Hevea brasiliensis) ou de noix de cajou (Anacardium occidentale) en remplacement partiel du tourteau de soja en Côte d'Ivoire ---- 73
Résumé ---- 73
1. Introduction---- 75
2. Matériels et méthodes ---- 76
2.1. Situation du site expérimental ---- 76
2.2. Description de la pintade ---- 76
2.3. Analyses chimiques---- 77
2.4. Préparation des échantillons de pintade---- 77
2.5. Sélection et formation des évaluateurs ---- 77
2.6. Analyse sensorielle et préférences générales---- 78
2.7. Analyse des données ---- 79
3. Résultats et discussion ---- 81
3.1. Analyse sensorielle descriptive ---- 81
3.2. Évaluation des préférences des consommateurs ---- 83
3.3. CAH des données sur les préférences des consommateurs ---- 85
3.4. Relation entre les attributs sensoriels et les caractéristiques chimiques des échantillons de viande---- 86
Références ---- 87
DISCUSSION GENERALE---- 91
1. Elevage de la pintade en Côte d'Ivoire ---- 92
2. Incorporation du tourteau de graines d'hévéa ou de noix de cajou dans l'alimentation des pintades ---- 93
3. Intérêt de la consommation de la viande de pintade nourrie aux tourteaux d'hévéa ou de noix de cajou par les populations en Côte d'Ivoire---- 95
CONCLUSION GENERALE ---- 96
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DES PARTIES AUTRES QUE LES TROIS ARTICLES PUBLIES, SOUMIS OU A SOUMETTRE ---- 99
ANNEXES ----114

Index des figures

Figure I.1.: Variétés de pintade selon la couleur du plumage.

Figure I.2.: Facteurs conditionnant l'utilisation d'une matière première.

Figure II.1.: Zones d'étude sur la carte de la Côte d'Ivoire.

Figure II.2.: Arbre de classification avec "objectif de production" comme variable cible (fréquence de chaque objectif de production).

Figure II.3.: Evaluation des capacités techniques des agriculteurs (fréquences des modalités dans chaque groupe)

Figure II.4.: Classification des éleveurs de pintades (fréquences des modalités dans chaque groupe).

Figure II.5.: Arbre des causes de la faible productivité des élevages de pintades.

Figure IV.1.: Résultats de l'analyse en composantes principales montrant la description des 4 échantillons de pintade par les 13 attributs sensoriels.

Figure IV.2.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 1 montrant la relation entre les attributs sensoriels de la pintade et le score global de préférence de l'échantillon de pintade du consommateur (Pref).

Figure IV.3.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 2 montrant la cartographie des préférences externes des échantillons de pintade, leurs attributs sensoriels et les groupes de consommateurs.

Figure IV.4.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 2 montrant la relation entre les échantillons de viande de pintade, leurs attributs sensoriels et leurs caractéristiques chimiques.

Index des tableaux

Tableau I.1.: Apports nutritionnels recommandés pour la pintade de chair (pintade d'importation) en fonction de l'âge.

Tableau I.2.: Apports nutritionnels recommandés pour la pintade reproductrice (pintade d'importation).

Tableau I.3.: Matières premières alimentaires testées chez la pintade.

Tableau I.4.: Composition chimique des tourteaux détoxiqués de graines d'hévéa et de noix de cajou.

Tableau I.5.: Composition approximative (%), profil en acides aminés (g/100 g de viande) et teneur en minéraux (mg/100 g) des différentes découpes fraîches de pintades de 15 semaines d'âge.

Tableau I.6.: Profil en acides gras (% de lipide totaux) et teneur en cholestérol (mg/100 g) des différentes découpes fraîches de pintades de 15 semaines d'âge.

Tableau I.7.: Effet de l'alimentation sur le profil en acides gras du filet de pintades femelles (en % de lipides totaux).

Tableau III.1.: Ingrédients et composition chimique des régimes expérimentaux.

Tableau III.2.: Profils en acides gras (AG) (% du total des acides gras (AG)) et profils en acides aminés (g/100 g de protéines) du tourteau de graines d'hévéa et du tourteau de noix de cajou.

Tableau III.3.: Performances des pintades (Galor ou races locales) nourries avec des régimes expérimentaux.

Tableau III.4.: Poids et rendement carcasse, découpes et proportions de graisse abdominale de pintades de 16 semaines (Galor ou races locales) nourries avec des régimes expérimentaux à partir de 4 semaines d'âge.

Tableau III.5.: Composition chimique du muscle (Pectoralis major) de pintades de 16 semaines (Galor ou races locales) nourries avec des régimes expérimentaux à partir de 4 semaines d'âge.

Tableau III.6.: Paramètres sanguins de pintades de 16 semaines (Galor ou races locales) nourries avec des régimes expérimentaux à partir de 4 semaines d'âge.

Tableau III.7.: Effet de l'alimentation et de la race sur la composition en acides gras (AG) (% d'AG totaux) du filet (Pectoralis major) de pintades de 16 semaines nourries avec des régimes expérimentaux à partir de 4 semaines d'âge.

Tableau IV.1.: Attributs sensoriels et définitions utilisés par le panel d'analyse sensorielle pour évaluer les échantillons de viande de pintade.

Tableau IV.2.: Composition chimique de la viande de cuisse de pintade de 16 semaines (souche française ou locale) nourrie avec différents régimes alimentaires.

Tableau IV.3.: Note moyenne du panel pour les attributs sensoriels descriptifs des échantillons de cuisses de pintade de 16 semaines (résultats de l'analyse de variance à deux facteurs (ANOVA II) et du test de tukey).

Tableau IV.4.: Résultats de l'analyse de classification hiérarchique des données sur les préférences des consommateurs (résultats de l'ANOVA II et test de Tukey).

Index des abréviations

2DC : Debt relief and Development Contract

AA : Acide Aminé

ACP : Analyse en Composantes Principales

AGPI : Acides Gras PolyInsaturés

AHC : Ascending Hierarchical Classification

ALA : Alpha Linolenic Acid

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

BTS : Brevet de Technicien Supérieur

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CCA : Conseil du Coton et de l'Anacarde de Côte d'Ivoire

CFA : Communauté Française Africaine

CNRA : Centre National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire

DHA : DocosaHexaenoic acid

DM : Dry Matter

DPA : DocosaPentaenoic Acid

ENV : Enquête Niveau de Vie des ménages

EPA : EicosaPentaénoic Acid

ESA : Ecole Supérieure d'Agronomie

FA : Fatty Acid

HCN : Acide CyaNhydrique

INP-HB : Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro

INS : Institut National de la Statistique de Côte d'Ivoire

JRA-JRFG : Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras

MCA : Multiple Correspondence Analysis

ME : Metabolizable Energy

MIRAH : Ministère des Ressources Animales et Halieutiques de Côte d'Ivoire

MS : Matière Sèche

MUFA : MonoUnsaturated Fatty Acids

n-3 PUFA : Acides Gras Polyinsaturés Oméga 3

n-6 PUFA : Acides Gras Polyinsaturés Oméga 6

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PLSR : Partial Least. Squares Regression

PUFA : PolyUnsaturated Fatty Acid

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat de Côte d'Ivoire

SFA : Saturated Fatty Acids

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

INTRODUCTION GENERALE

La crise militaro-politique en Côte d'Ivoire, du 19 septembre 2002 au 11 avril 2011, a entrainé plusieurs conséquences dont l'exacerbation de la pauvreté (PNUD, 2007). Selon l'enquête sur le niveau de vie des ménages de 2015, le taux de pauvreté est passé de 38,4% en 2002 à 46,3% en 2015 avec 25,6% (5,8 millions d'habitants) de ménages vulnérables à l'insécurité alimentaire dont 15% en milieu rural (INS, 2015). L'apport calorique moyen quotidien par habitant est de 2534 kcal contre 2806 kcal recommandé par l'OMS (OMS, 2014). Le régime alimentaire est basé essentiellement sur les tubercules, les racines, les céréales et les feuilles (INS, 2012). Les produits alimentaires tels que les protéines animales sont quasiment absents dans leur alimentation. Selon l'OMS, un régime alimentaire équilibré doit comporter 50 à 55% de glucides, 30 à 35% de lipides et 10 à 15% de protéines (OMS, 2014). Le niveau de consommation individuel de protéines d'origine animale a été estimé à 12,9 kg par an et est inférieur au seuil de consommation individuelle minimale recommandé par la FAO qui est de 20 kg de protéines par an (FAO, 2014). L'une des conséquences de cette situation est l'augmentation de la malnutrition protéino-énergétique avec des conséquences négatives sur la reproduction, la croissance et le développement de l'enfant, la capacité d'apprentissage, l'activité physique, le rendement professionnel et l'aptitude individuelle à combattre les infections (Latham, 2001). Au-delà de la nécessité d'atteindre l'autosuffisance alimentaire, la Côte d'Ivoire reste confrontée à un manque crucial de protéines animales dans l'alimentation des populations, à l'origine de malnutrition.

L'élevage des espèces animales à cycle court et en particulier celui de la volaille rurale de basse-cour constitue une stratégie de survie pour les populations pauvres et démunies (FAO, 2008 ; Tjetjoo et al., 2013) et représente 70% des productions avicoles en Côte d'Ivoire (FAO, 2008). En effet, les premiers aviculteurs ont été quelque fois déçus par les résultats de l'intensification de l'aviculture avec les souches sélectionnées issues des pays tempérés. Cela a fait renoncer de nombreux éleveurs qui se sont vus obligés de revenir à l'élevage d'espèces plus résistantes aux maladies tropicales et pouvant survivre dans les conditions rudes.

C'est là l'intérêt de l'élevage de la pintade qui se trouve dans son biotope (Diabaté, 1981 ; Le Coz-Douin, 1992). Comparée au poulet, la pintade est plus résistante aux pathologies des régions tropicales et par conséquent, elle s'adapte mieux à l'élevage traditionnel en milieu rural (Mishra et al., 2002, Kokoszyński, 2011). Elle y joue un rôle socio-culturel important en intervenant dans les cérémonies rituelles, en étant abattues en l'honneur d'un visiteur de marque ou offertes vivantes à ce dernier. Volaille de luxe des populations urbaines pour la qualité organoleptique de ses produits et sa rareté, elle pourrait jouer un rôle important dans la recherche de

l'auto-suffisance en protéines animales et dans la lutte contre la pauvreté en apportant un revenu supplémentaire aux populations rurales. Au vu de ces avantages, l'élevage de la pintade représente un atout pour les producteurs ruraux et périurbains et la promotion de son élevage est opportune pour les ivoiriens. Vu l'intérêt accordé à cette espèce en Côte d'Ivoire, nous y observons depuis peu l'apparition de nouvelles souches dites de chair sans qu'il y ait d'aliment pintade commercialisé. Malgré les avantages de l'élevage de pintades, très peu de travaux scientifiques lui ont été consacrés en Côte d'Ivoire.

Selon Nahashon et al. (2006b), la rentabilité de l'élevage de la pintade est entravée par une mauvaise alimentation due en partie au manque de directives de gestion et d'alimentation. Des travaux récents dans d'autres pays africains 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 *(*Nobo et al., 2012 ; Tjetjoo et al., 2013*).* De telles pratiques sont cependant difficilement rentables au vu de la réduction de la disponibilité et de la cherté des matières premières importées comme le soja (Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018).

Toutefois, en Côte d'Ivoire, il existe des ressources alimentaires telles que les amandes déclassées de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) et des graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*). En raison des quantités importantes disponibles et non exploitées, et de la non-concurrence avec l'alimentation humaine, ces sous-produits pourraient constituer des matières premières non-conventionnelles d'origine végétale, source de protéines et d'énergie (Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018), valorisables dans l'élevage des pintades. Partant de ce constat et de la nécessité de disposer d'informations sur l'élevage de la pintade en Côte d'Ivoire et la valeur nutritionnelle des noix de cajou et des graines d'hévéa chez la pintade, il nous a paru important d'entreprendre une étude sur l'utilisation de ces sous-produits dans l'alimentation de la pintade, en vue d'apporter notre contribution en mettant à la disposition des éleveurs certaines informations.

Après une situation bibliographique du sujet, permettant de connaître le cadre de l'étude et de présenter des généralités sur la pintade, nous présenterons les objectifs de la thèse. Les matériels, méthodes et les résultats des travaux réalisés seront présentés sous forme d'articles. Une discussion générale et une conclusion marqueront la fin de ce travail de thèse.

Chapitre I :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I : LE CADRE DE L'ETUDE

1. Présentation de la Côte d'Ivoire

Etat de l'Afrique occidentale, la Côte d'Ivoire s'inscrit d'une part, entre 4°30 et 10°30 de latitude Nord et, d'autre part, entre 2°30 et 8°30 de longitude Ouest. Le territoire est limité au sud par l'Océan Atlantique, au nord par le Mali et le Burkina Faso, à l'est par le Ghana et à l'ouest par le Libéria et la Guinée. La population est estimée à 22 671 331 habitants en 2014 (RGPH, 2014) répartis sur un territoire (322 462 km²) divisé en 14 districts, 31 régions, 108 départements et 510 sous-préfectures.

Premier pays producteur mondial de cacao et de noix de cajou, et septième pays producteur de caoutchouc au monde, la Côte d'Ivoire connait un développement économique remarquable qui fait d'elle la locomotive des pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest. Si les matières premières sont à la base de son développement économique, il n'en est pas de même pour l'élevage qui reste encore une activité économique secondaire, avec une contribution d'environ 4,5% du Produit Intérieur Brut (PIB) agricole et 2 % du PIB total (MIRAH, 2013 ; Bakayoko, 2016).

2. Situation de l'aviculture en Côte d'Ivoire

L'aviculture occupe une place importante dans la production de viande en Côte d'Ivoire. Elle couvre environ 44% de la production totale nationale en viande (MIRAH, 2013) et regroupe l'élevage moderne de poulets de chair, de poules pondeuses et autres volailles comme la pintade Galor et l'élevage traditionnel des races locales. L'aviculture traditionnelle est largement pratiquée par les populations rurales. Celles-ci entretiennent environ 75% du cheptel national avec approximativement 30 350 000 de têtes en 2012 toutes espèces confondues (MIRAH, 2013). Cependant, bien que représentant la plus grande part de l'effectif, l'aviculture traditionnelle connaît une productivité très faible (Kone & Danho, 2008). Dans ce système, les animaux, en perpétuelle divagation, sont exposés à divers dangers tels que les prédateurs, les intempéries et les maladies (Abubakar et al., 2007). De plus, les femelles ne pondent en moyenne qu'une cinquantaine d'œufs par an (Moussa et al., 2010). Néanmoins, les volailles locales constituent une importante source de revenu pour les paysans et représentent une opportunité d'épargne et d'investissement (Fasina et al., 2007 ; Sharma, 2007). En outre, leur viande est mieux appréciée par les consommateurs qui reprochent aux volailles sélectionnées pour la chair (Souches d'importation), le goût

fade de leur viande et la chair est jugée trop molle, se séparant trop facilement des os après cuisson dans les sauces africaines (Sonaiya & Swan, 2004 ; Syfia International, 2004).

L'élevage des volailles locales a très rarement été pris en compte au niveau des programmes d'appui au secteur de l'élevage à cause de sa faible productivité. En effet, par le passé, les principales initiatives proposées pour le développement de l'aviculture villageoise en Côte d'Ivoire ont mis l'accent sur l'amélioration génétique par le croisement de races locales avec des races d'importation en vue surtout de la production de viande (Koné & Danho, 2008). Ainsi, les contraintes majeures auxquelles fait face cette aviculture (mortalité élevée, logement précaire, faible productivité, alimentation insuffisante) (Guèye, 2005) nécessitent qu'on y prête une attention particulière, car actuellement, les mentalités changent et il y a une prise de conscience que la faible productivité des volailles locales est due probablement à leurs mauvaises conditions de vie (Sonaiya &Swan, 2004). Pour les volailles modernes, les principales contraintes sont la qualité et le coût de l'aliment (CNRA, 2017).

3. Situation actuelle de la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire

En Côte d'Ivoire, le taux de pauvreté est estimé à 46,3% pour un seuil de pauvreté de 737 F CFA (soit 1,12 Euro) par jour (ENV, 2015). A l'échelle nationale, 20,5% de la population ivoirienne n'atteint pas le niveau minimal d'apport calorique et le régime alimentaire reste peu diversifié dans tous les groupes d'âges. L'apport calorique moyen par habitant est de 2534 kcal/pers/jour contre les 2806 kcal/pers/jour recommandés par l'OMS (OMS, 2014). Le régime alimentaire est essentiellement basé sur les tubercules, les racines et les céréales qui contribuent à plus de 65% aux apports énergétiques alimentaires journaliers (INS, 2012). Selon l'OMS, un régime alimentaire équilibré doit comporter : 50 à 55% de glucides, 30 à 35% de lipides et 10 à 15% de protéines. La proportion de ménages vulnérables à l'insécurité alimentaire est de 25,6 % (soit 5,8 millions d'habitants). Cette proportion est plus importante en milieu rural qu'en milieu urbain (ENV, 2015). Par ailleurs, la population rurale représente 49,7% de la population ivoirienne (RGPH, 2014). Cela montre que l'insécurité alimentaire à l'instar de la pauvreté demeure une préoccupation en milieu rural. Les produits alimentaires tels que les protéines animales et les œufs, les produits laitiers, les légumineuses et le sucre sont quasiment absents de l'alimentation des ménages.

Au regard de ce qui précède, il est urgent de trouver des solutions durables qui pourraient contribuer à l'amélioration de la nutrition protéique des populations les plus pauvres qui présentent des niveaux d'insécurité alimentaire plus élevés. La pintade pourrait facilement et rapidement être d'intérêt, puisque son élevage convient très bien au milieu rural tropical (dont elle est issue) (Mishra et al., 2002) et la valeur nutritionnelle et organoleptique de sa viande est considérée comme supérieure à celle du poulet (Musundire et al., 2017).

4. Intérêt et rôle socio-économique de la pintade

Dans la plupart des pays africains au sud du Sahara comme la Côte d'Ivoire, 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 et démunies (Koné & Danho, 2008 ; Tjetjoo et al., 2013). Tout comme le poulet, les pintades sont élevées principalement pour la production de viande et d'œufs (Yamak et al., 2016). Cependant, les pintades comparées aux poulets sont plus résistantes aux pathologies communes des régions tropicales (la maladie de Newcastle, de Gumboro et la salmonellose) (Saina, 2005 : Sayila, 2009). Elles sont de bonnes fourrageuses et par conséquent, elles s'adaptent mieux à l'élevage traditionnel (Mishra et al., 2002 ; Kokosyzyski, 2011). La capacité à se nourrir de la pintade réduit les coûts de production dans les zones rurales. De plus, elle est un excellent choix tant gastronomique que diététique. En effet, sa viande est plus riche en protéines (23% vs 21%) et moins grasse (4% vs 7%) que la viande de poulets de chair (Nsoso et al, 2003 ; Madzimure et al., 2011 ; Musundire et al., 2017) et elle a une teneur faible en cholestérol. Laudadio et al. (2012) et Kerketta & Mishra (2016) ont trouvé respectivement 29 et 71,4 mg de cholestérol / 100 g de viande. La pintade a également un rendement d'abattage élevé (variant entre 70 et 77% entre 8 et 16 semaines d'âge), avec un excellent rapport viande/os et sa viande est riche en acides gras essentiels (Nahashon et al., 2005 ; Nobo et al., 2012 ; Yamak et al., 2018). Cela a stimulé la production de pintade en tant que volaille alternative dans de nombreuses régions du monde (Baeza et al., 2001 ; Nahashon et al., 2006a). Le poids vif adulte à l'âge de 16 semaines est compris entre 600 g et 700 g en élevage extensif (Sanfo et al., 2008), et entre 1,3 kg et 1,8 kg en élevage intensif (Dehoux et al., 1997).

Aux États-Unis et en Europe, la viande de pintade est considérée comme une alternative au poulet (Tufarelli et al., 2007) et est préférée pour sa saveur giboyeuse (Tjetjoo et al., 2013). Dans la production commerciale, les pintades sont élevées en confinement avec des pratiques de gestion similaires à celles des élevages de poulets.

Selon la classification de Linnaeus (1758), la position systématique des pintades est :

Règne	Animalia
Sous-règne	Eumetazoa
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Craniata
Classe	Aves
Sous-classe	Neornithes
Ordre	Galliforme
Sous-ordre	Phasiani
Famille	Phasianidae
Sous-Famille	Numididae
Genre	*Numida*
Espèce	*Numida meleagris*

En Afrique, la viande et les œufs de pintade viennent en second après ceux de la poule en termes de consommation de produits aviaires (Nobo et al., 2012 ; Bernacki et al., 2013). La production de la pintade a une importance socio-culturelle en tant qu'activité traditionnelle (Konlan et al., 2011 ; Gono et al., 2013) qui, par rapport aux systèmes intensifs, offrent un certain nombre d'avantages. En effet, la pintade intervient dans les cérémonies rituelles où elle est abattue en l'honneur d'un visiteur de marque ou offerte vivante à ce dernier. Son adaptabilité aux différentes conditions environnementales la rend attrayante pour les agriculteurs qui cherchent à élever de petits troupeaux dans leurs cours dans le cadre de systèmes de production en divagation caractérisés par de très faibles intrants, mais aussi une faible productivité (Nobo et al., 2012 ; Gono et al., 2013 ; Zvakare et al., 2018). Toutefois, la production de pintades augmente dans le monde entier, notamment dans les pays en développement (Madzimure et al., 2011).

Pintade lilas

Pintades lavandes

Pintades Blanches ou chamoisée

Pintade grise

Pintade violette ou Noire

Pintade à poitrine blanche

Figure I.1.: Variétés de pintade selon la couleur du plumage (Pâquerette, 2010)

L’élevage de la pintade est donc un atout pour les producteurs ruraux et périurbains et la promotion de son élevage est opportune. Il représente une alternative qui contribue à améliorer le statut nutritionnel des populations rurales africaines qui ne mangent de la viande de ruminant que lors des fêtes religieuses ou familiales (Dehoux et al., 1997), et à lutter contre la pauvreté en apportant un revenu supplémentaire aux familles rurales.

5. Autres sources de proteines animales potentiellement intéressantes et/ou prometteuses pour l’alimentation des populations ivoiriennes

Parmi les œufs de consommation issus des fermes ivoiriennes se trouvent ceux des cailles (Kanga, 2006). Les œufs de caille sont de plus en plus prisés par la population en raison de leurs supposées valeurs nutritives et thérapeutiques malgré un poids cinq fois plus faible que ceux des poules pondeuses (Koffi et al., 2016). De plus, les cailles sont des oiseaux résistants aux maladies et elles présentent une grande productivité et peu de contraintes en termes d’élevage. Leur élevage se caractérise par une relative simplicité, un besoin de peu d’espace et de faibles moyens financiers, dans un contexted'une demande sans cesse croissante. Cette activité est un excellent moyen d’accroître son revenu et peut être pratiquée à petite ou à plus grande échelle (Mondry, 2016). Par ailleurs, les cailles pondeuses sont très appréciées par les éleveurs car elles sont nourries avec le même aliment industriel commercial que les poules pondeuses et elles en consomment trois fois moins (Koffi et al., 2016). Cependant, l’élevage de la caille demeure une activité marginale au regard des potentialités qu’il offre. On trouve également, parmi les rongeurs et les lagomorphes, le cobaye (*Cavia porcellus*), l’aulacode (*Thryonomys swinderianus*) et le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) dont l’élevage est le plus répandu sur tout le territoire ivoirien (CTA, 2008), où ils sont essentiellement élevés pour leur viande très appréciée (Bodji, 1992 ; Lebas et al., 1996 ; Avit et al., 1999). L'élevage et la viande de ces animaux représentent une source de revenu et de protéine pour les populations urbaines et rurales pauvres et malnutries en Afrique Sub-Sahariennne (Lebas et al., 1996 ; Lammers et al., 2009).

II : LA PINTADE ET SON ELEVAGE

1. Taxonomie, histoire, origine et expansion

1.1. Taxonomie

Les pintades appartiennent à l'ordre des galliformes, à la famille des Phasianidae. La sous famille des Numididae regroupe quatre genres : Numida, Agelastes, Acryllium et Guttera (Le Coz-Douin, 1992).

Selon Le Coz-Douin (1992), on distingue quatre espèces principales de pintade : a) *Numida meleagris*, la pintade commune ou pintade à caroncules rouges, espece souche de la pintade domestique (Afrique centrale). b) *Numida ptilorhyncha*, la pintade ptilorhynque, ou pintade à pinceau, ou encore pintade à caroncules bleues, qui porte une collerette de plumes raides à la partie supérieure du cou (Tchad, Soudan, Ethiopie, Yémen). c) *Numida mitrata*, la pintade mitrée ou pintade à casque dont le tubercule calleux ornant la tête est très grand et peut atteindre trois centimètres (Ile de la Réunion, Madagascar, Afrique de l'est). d) *Numida cristata*, la pintade huppée dont l'ornement céphalique est surmonté d'une huppe (Afrique centrale). Plusieurs variétés de l'espèce *Numida meleagris* se distinguent selon le plumage (Figure I.1.).

1.2. Histoire, origine et expansion

L'histoire de la pintade remonte avant Jésus Christ. Selon la légende des Argonautes, à la disparition du héros grec Méléagre, roi de Calydon, ses sœurs pleurèrent jusqu'à mourir. Pour les sauver de l'enfer, elles furent transformées en oiseaux (pintades) par leur déesse protectrice Artémis. Par conséquent, les pintades sont les sœurs de Méléagre, d'où leur description sous le nom de Meleagris par Aristote au IV^{e} siècle avant Jesus Christ. (Le Coz-Douin, 1992). La pintade est originaire d'Afrique (Diabaté, 1981 ; Le Coz-Douin, 1992) où, aujourd'hui, certaines restent sous leur forme sauvage (Anthony et al., 2015).

Les romains appelaient respectivement la pintade, poule de Numidie et poule de Guinée, du fait de leur origine (Afrique du nord et Guinée), d'où l'appellation ‘‘guinea fowl’’ en Anglais (Le Coz-Douin, 1992). La classification de Linnaeus (1758) décrit la pintade sous le nom de *Numida meleagris* liant ainsi son origine mythologique à son origine géographique (cité par Le Coz-Douin, 1992).

L'élevage de la pintade s'est d'abord répandu dans toute l'Afrique sous forme d'élevage fermier (Nwagu & Alawa, 1995), puis s'est étendu par la suite en Europe, en Asie et en Amérique. Sa production industrielle s'effectue en Europe, en Amérique du Nord et en Australie, à l'aide des souches issues d'une sélection génétique caractérisée par de meilleures performances (vitesse de croissance rapide notamment) comparativement à la souche originelle d'Afrique (Tufarelli et al., 2007 ; Boko et al., 2012). Les souches adaptées à l'Afrique subsaharienne sont celles de la variété de grande taille de la zone sahélienne (2 à 2,5 kg de poids vif à l'âge adulte), celles de la variété de taille moyenne de la zone soudanienne (0,9 à 1,2 kg) et celles de la variété de petite taille de la zone soudano-guinéenne (moins d'un kg) (Boko et al., 2012). Ces souches sont qualifiées de rustiques car elles n'ont fait l'objet d'aucune sélection génétique. Elles sont caractérisées par une vitesse de croissance très lente (Boko et al., 2012).

2. Facteurs influençant les paramètres zootechniques des pintades

2.1. Facteurs intrinsèques

Le succès de la production de viande de poulet est le résultat de l'amélioration des taux de croissance et du rendement en carcasse (Musa et al., 2006). La recherche à ce jour a montré que chez la pintade, le poids vif est influencé par la génétique, le sexe et l'âge de l'oiseau.

Le génotype des pintades, selon certains auteurs, influence fortement leur croissance. En effet, les variétés indigènes de la pintade ont des poids corporels inférieurs par rapport aux souches améliorées (Mundra et al., 1993 ; Teye et al., 2001 ; Sarica et al., 2009). Les variétés indigènes ont des poids asymptotiques différents selon le phénotype. Ils se classent par ordre décroissant de poids de la façon suivante : noire, perlée, blanche et lilas (Sanfo et al., 2008). Chez certaines souches de pintades, le poids vif est considérablement affecté par le sexe. Cependant, les observations concernant le sexe dominant par rapport au poids sont contradictoires. En effet, certains travaux (Blum et al., 1975 ; Sanfo et al., 2008 ; Kasperska et al., 2011 ; Mróz et al., 2016) montrent que les femelles sont plus lourdes que les mâles. Cependant, les études de Baéza et al. (2001), Yamak et al. (2016, 2018) révèlent que les mâles sont plus lourds que les femelles, ce qui est justifiable car le taux de croissance du tissu osseux est plus rapide chez les mâles pintades par rapport aux femelles (Kasperska et al., 2011). Ainsi, les mâles ont des crêtes de sternum plus longues et

des os plus longs et plus épais, ce qui les rend plus massifs que les femelles (Kozaczyński, 1998). Par ailleurs, le poids corporel de la pintade augmente progressivement avec l'âge quels que soient la génétique (Baeza et al., 2003) et le sexe de l'oiseau (Nahashon et al., 2011 ; Mróz et al., 2016 ; Yamak et al., 2018).

2.2. Facteurs extrinsèques

Les paramètres de croissance des pintades sont affectés par l'aliment, le système d'élevage et les conditions environnementales.

2.2.1. Aliment

Les pintadeaux sont moins sensibles aux variations de l'apport énergétique que le poulet (Blum et al., 1975 ; Blum & Leclercq, 1979). Le besoin d'un apport calorique élevé ne concerne que les quatre premières semaines de vie des pintadeaux (Le Coz Douin, 1992). Le pintadeau ajuste sa consommation pour satisfaire ses besoins énergétiques d'entretien et de croissance (Blum & Leclercq, 1979) ; il ingère plus d'aliments moins riches en énergie pour satisfaire ses besoins énergétiques (Nahashon et al., 2005 ; Nahashon et al., 2006b). L'indice de consommation chez la pintade est en corrélation négative avec le niveau énergétique de l'aliment (Nahashon et al., 2006b).

Cependant, les pintadeaux ont une croissance très ralentie lorsque l'apport de protéines est insuffisant (Nahashon et al., 2006b ; Seabo et al., 2011 ; Ouattara et al., 2017). L'apport de protéines (avec un régime complet par ailleurs) est fondamental durant les quatre premières semaines de la vie du pintadeau (Horst & Clavé, 2007) et détermine sa vitesse de croissance (Le Coz Douin, 1992). En effet, selon les travaux de Nahashon et al. (2005), de faibles gains de poids des pintadeaux ont été obtenus avec un régime à 21% de protéines comparativement à ceux recevant des régimes à 23% ou 25%. Cela pour pourrait être attribuable à des niveaux inadéquats d'un ou de plusieurs acides aminés essentiels dans le régime à faible teneur protéique (Nahashon et al., 2005). Dans des études similaires, Schutte (1987) a rapporté que la baisse de performance des poulets avec un régime à 16% de protéines brutes était minime lorsque des suppléments de tous les acides aminés essentiels, à des niveaux équivalents à ceux présents dans un régime à 20% de protéines brutes, étaient fournis. Toutefois, l'effet du déficit protéique s'atténue avec l'âge car les besoins en protéine diminuent (Le Coz-Douin, 1992 ; Ouattara et al., 2017).

L'indice de consommation augmente lorsque la teneur en protéine des aliments n'est pas optimale (Nahashon et al., 2005 ; Seabo et al., 2011 ; Ouattara et al., 2017).

Tableau I.1. : Apports nutritionnels recommandés pour la pintade sélectionnée pour la chair (pintade d'importation) en fonction de l'âge

Elément	Unité	Période (semaines)		
		0 à 4	5 à 8	9 à 12
Energie	kcal/kg	2900-3200	2800-3150	2800-3100
Protéines brutes	%	22,4-24,8	18-21	12,8-14,1
Lysine	%	1,14-1,34	0,91-1,14	0,6-0,66
Méthionine	%	0,42-0,49	0,42-0,46	0,3-0,33
Méthionine + cystine	%	0,85-0,94	0,74-0,90	0,6-0,66
Tryptophane	%	0,21-0,24	0,17-0,19	0,11-0,13
Thréonine	%	0,82-0,91	0,63-0,70	0,48-0,53
Calcium	%	1-1,1	0,87-0,96	0,77-0,86
Phosphore total	%	0,64-0,71	0,59-0,73	0,56-0,59
Phosphore disponible	%	0,39-0,47	0,34-0,44	0,31-0,34
Sodium	%	0,16-0,17	0,16-0,17	0,16-0,17
Chlore	%	0,14-0,15	0,14-0,15	0,14-0,15

Source : Le Coz-Douin, 1992 ; Nahashon et al., 2005 ; Nahashon et al., 2010.

Tableau I.2. : Apports nutritionnels recommandés pour la pintade sélectionnée pour la reproduction (pintade d'importation)

Elément	Unité	Période (semaines)			
		0 à 4	5 à 12	13 à 22	23 et plus
Energie	kcal/kg	2900	2800	2800	2800-3000
Protéines brutes	%	20	14	12	13,5-14,5
Lysine	%	1,2	0,55	0,48	0,7-0,83
Méthionine	%	0,4	0,28	0,22	0,3-0,32
Méthionine + cystine	%	0,85	0,6	0,5	0,54-0,57
Tryptophane	%	0,25	0,14	0,12	0,14-0,15
Calcium	%	0,85	0,8	0,5	3,7-4
Phosphore total	%	0,65	0,6	0,5	0,67-0,72
Phosphore disponible	%	0,4	0,35	0,25	0,42-0,53
Sodium	%	0,17	0,17	0,17	0,14-0,15
Chlore	%	0,15	0,15	0,15	0,13-0,14

Source : Le Coz-Douin, 1992 ; Nahashon et al., 2007.

En effet, l'indice de consommation diminue lorsque la teneur en protéine passe de 21 à 23% (Nahashon et al., 2005). Chez les pintades, l'apport en protéine influe considérablement sur le niveau d'ingestion alimentaire ; elles ingèrent plus les aliments riches en protéine que ceux qui en sont pauvres (Nahashon et al., 2005 ; Nahashon et al., 2006b ; Seabo et al., 2011). Contrairement au poulet de chair, les meilleurs rendements carcasse des pintades sont obtenus avec les faibles taux de protéine (Gongnet et al., 1995). Toutefois, le rendement carcasse diminue au-delà du taux optimal de protéine.

2.2.2. Système d'élevage

L'augmentation de la production de viande de pintade en Côte d'Ivoire a été observée ces dernières années, la majorité de la production étant réalisée avec de petits troupeaux de basse-cour (Nobo et al., 2012 ; Yamak et al., 2018). Avec l'intérêt croissant des consommateurs pour les produits sains et les systèmes d'élevage respectueux des animaux, et les marchés de niche à la recherche d'espèces alternatives de volailles, les systèmes de production en libre parcours contrôlé ont un rôle important à jouer en termes de commercialisation (Yamak et al., 2018). Cependant, la conduite intensive améliore efficacement la viabilité, les performances de croissance des pintadeaux, ainsi que le profit (Dei et al., 2009 ; Yamak et al., 2018). Toutefois, l'effet du système d'élevage sur le poids vif des pintadeaux de souche locale est significatif jusqu'à 14 semaines d'âge (Sarica et al., 2009 ; Yamak et al., 2016, 2018).

2.2.3. Environnement

Les conditions climatiques influencent fortement la croissance des pintadeaux de chair en zone tropicale. En effet, une température ambiante élevée a un effet néfaste sur les performances des pintadeaux, surtout si la chaleur est associée à une forte hygrométrie (Belshaw, 1985). Ainsi, en saison sèche, l'indice de consommation et la croissance des pintadeaux sont meilleurs par rapport à ceux de la saison pluvieuse (Belshaw, 1985 ; Dehoux et al., 1997).

3. Alimentation des pintades

3.1. Apports nutritionnels recommandés

La pintade a des besoins nutritionnels élevés (Tableau I.1. & I.2.). Les apports recommandés de protéine brute et d'énergie métabolisable pour les pintades varient en fonction de la souche, l'âge et l'état physiologique de l'oiseau (Le Coz-Douin, 1992 ; Nahashon et al., 2005 ; Nahashon et al., 2010). Les matières grasses doivent être

Tableau I.3. : Matières premières alimentaires testées chez la pintade

Règne	Famille	Espèce	Organe	Incorporation	Référence
Végétale	Linaceae	Linum usitatissimum	Graine	10%	Chiroque et al. (2018)
Végétale	Cucurbitaceae	Cucurbita moschata	Graine	10%	Chiroque et al. (2018)
Végétale	Linaceae	Linum usitatissimum	Graine	20%	Chiroque et al. (2018)
Végétale	Cucurbitaceae	Cucurbita moschata	Graine	20%	Chiroque et al. (2018)
Animal	Stratiomyidae	Hermetia illucens	Larves	3%	Wallace et al. (2018)
Végétale	Fabaceae	Vigna unguiculata	Graine	5%	Ouattara et al. (2017)
Végétale	Fabaceae	Lupinus albus	Graine	24%	Tufarelli et al. (2015)
Végétale	Fabaceae	Vicia faba	Graine	13%	Tufarelli & Laudadio (2015)
Végétale	Fabaceae	Pisum sativum	Graine	18%	Laudadio et al. (2012)
Animal	Saturniidae	Imbrasia belina	Larves	4,5%	Nobo et al. (2012)
Végétale	Fabaceae	Mucuna pruriens	Graines	20 %	Dahouda (2009)
Végétale	Euphorbiaceae	Manihot esculenta	Racines	25%	Dahouda et al. (2009)
Végétale	Euphorbiaceae	Manihot esculenta	Feuilles	6%	Dahouda et al. (2009)
Végétale	Fabaceae	Mucuna pruriens	Graines	13,75 %	Farougou et al. (2006)

présentes dans l'aliment à hauteur de 6,4 à 7,3% pour les pintades de chair (Nahashon et al., 2010) et de 3,5% pour les pintades reproductrices (Nahashon et al., 2007). Toutefois, le niveau d'apport calcique pour les reproductrices doit augmenter et être compris entre 3,2 et 4% car la pintade reproductrice synthétise une coquille beaucoup plus épaisse que celle de l'œuf de poule et la coquille représente 15% du poids de l'œuf, contre 9% chez la poule (Le Coz-Douin, 1992).

3.2. Matières premières valorisées en alimentation des pintades

Les ressources alimentaires non conventionnelles valorisées en alimentation des pintades sont d'origine végétale ou animale (Tableau I.3.). Les ressources alimentaires d'origine végétale sont des feuilles, des graines et des racines tubérisées. Toutefois, les matières premières d'origine végétale du Tableau I.3 ne doivent pas être utilisées directement dans l'alimentation des pintades. Elles doivent être traitées par chauffage (bouillies ou grillées) et/ou décorticage à cause de la présence de facteurs toxiques ou antinutritionnels (Dahouda, 2009 ; Laudadio et al., 2012 ; Ouattara et al., 2017). Les farines de graines traitées de lin (*Linum usitatissimum*) et de courge musquée (*Cucurbita moschata*) (Chiroque et al., 2018), de lupin (*Lupinus albus*) (Tufarelli et al., 2015), de pois (*Pisum sativum*) (Laudadio et al., 2012), de pois mascate *(Mucuna pruriens)* (Dahouda, 2009) ou des racines tubérisées de manioc (*Manihot esculenta*) (Dahouda et al., 2009) peuvent constituer jusqu'à 18 à 25% de la ration des pintades. L'incorporation de graines traitées de niébé (*Vigna unguiculata*) (Ouattara et al., 2017), de feuilles de manioc (Dahouda et al., 2009), de farine de vers mopane (*Imbrasia belina*) (Nobo et al., 2012) ou de farine de larves de mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) (Wallace et al., 2018) dans l'aliment des pintades ne doit pas aller au-delà de 6%. La farine de graines de féverole (*Vicia faba*) peut constituer jusqu'à 13% de l'aliment des pintades (Tufarelli & Laudadio, 2015). Toutes ces matières premières sont utilisées comme sources de protéines et d'énergie en substitution partielle ou totale du soja ou de la farine de poisson.

3.3. Matières premières valorisables en alimentation des pintades en Côte d'Ivoire

Les raisons principales du prix élevé et de la disponibilité des aliments sont notamment liées à : a) l'augmentation régulière des prix de certains intrants (soja, minéraux et vitamines, additifs, concentré) qui sont importés, b) la concurrence entre les filières agroalimentaires animales (Quiniou et al., 2011) notamment la filière avicole, et c) la sous-exploitation des sous-produits des matières premières agricoles

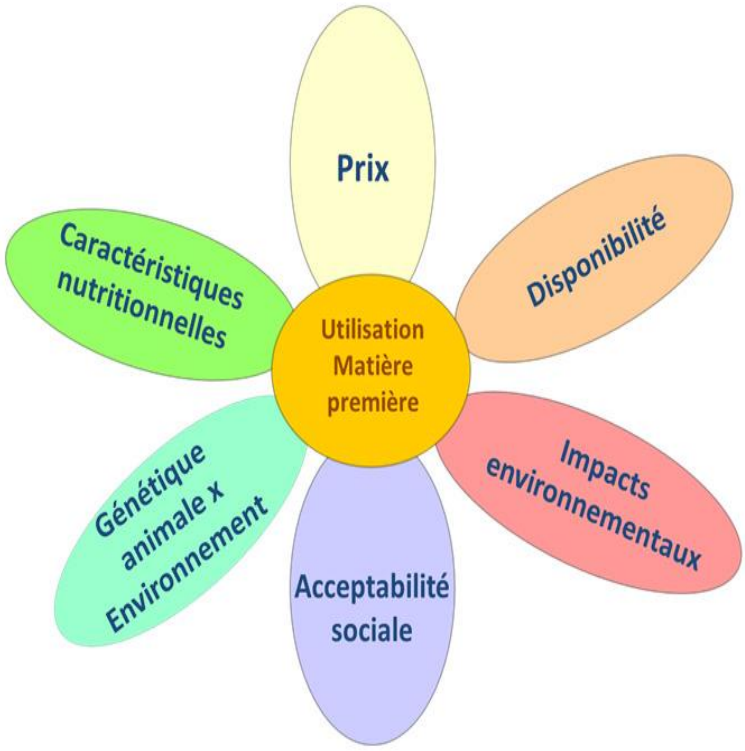

Figure I.2.: Facteurs conditionnant l'utilisation d'une matière première
Source : Bouvarel et al., 2014

Tableau I.4.: Composition chimique des tourteaux détoxiqués de graines d'hévéa et de noix de cajou.

Elément	Tourteau d'anacarde	Tourteau d'anacarde	Tourteau d'hévéa	Tourteau d'hévéa
Matière sèche (% du brut)	90,8	94,3	91,3	97,4
Matière azotée totale (% MS)	29,5	25,3	23,5	21,9
Matières grasses (% MS)	21,4	36,7	18,7	15,8
Cellulose brute (% MS)	6,3	1,2	12,7	2,3
Matières minérales (% MS)	4,1	4,4	6,0	Nd
Energie brute (MJ/kg MS)	23,1	22,4	22,4	Nd
HCN (mg/100 g)	-	-	10,4	Nd
Référence	Kouakou et al. (2018)	Aremu et al. (2006)	Kouakou et al. (2018)	Oyewusi et al. (2007)

nd = non déterminé

produites en Côte d'Ivoire (tourteau de cacao, pulpe de mangues déclassées, entre autres). En raison du coût élevé et de l'indisponibilité du tourteau de soja importé, différentes voies doivent être étudiées pour permettre d'augmenter la production et l'utilisation des ressources locales riches en protéines : amélioration de l'hygiène et des process, production de nouvelles matières premières, mise en place de filières adaptées et à plus long terme, améliorations génétiques tant végétales qu'animales. Différents facteurs économiques mais aussi d'ordre environnemental et social doivent être pris en compte (Bouvarel et al., 2014) (Figure I.2).

3.3.1. Noix de cajou (*Anacardium occidentale*)

La culture de noix de cajou encore appelées anacarde (*Anacardium occidentale*) constitue aujourd'hui un secteur dynamique en pleine expansion dans les régions Nord et Centre de la Côte d'Ivoire, premier producteur mondial. En effet, avec une production qui est passée de 160 000 tonnes en 2005 à 673 236 tonnes en 2017 (CCA, 2017), les noix de cajou occupent le deuxième rang des produits d'exportation agricole après le cacao dont la Côte d'Ivoire est également le premier pays producteur mondial (MAAF, 2015). Les amandes d'anacarde déclassées sont constituées des résidus de concassage et de décorticage des noix de cajou (graines mal formées et brisures) et estimées entre 5 à 10 % des amandes décortiquées (Dogo et al., 1999 ; Odunsi, 2002). L'analyse chimique des résidus bruts et de leurs tourteaux artisanaux montre que les valeurs de l'énergie métabolisable et de la protéine brute sont respectivement de 4883 à 5516 kcal/kg de MS et de 21 à 29,5% (Lacroix, 2003 ; Kouakou et., 2018) (Tableau I.4.). Le tourteau industriel issu de ces noix contient 42% de protéines.

Le profil en acides aminés montre que le tourteau de noix de cajou contient de la lysine (4,6%), de la méthionine (1,6%), du tryptophane (1,3%), des lipides (1%), du calcium (0,5%), du phosphore (0,2%) et de la cystine (2%) (Piva et al., 1971). La teneur en acides aminés soufrés du tourteau industriel d'anacarde est supérieure à celles de la farine de soja et de la farine d'arachide (Piva et al., 1971). La noix de cajou ou son tourteau peuvent être donc une source de protéine appréciable pour l'alimentation animale (Yao et al., 2013). Ces résidus de noix de cajou ont été proposés pour l'alimentation des porcs (Yao et al., 2013 ; Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018) et des poulets (Babajide, 1998 ; Odunsi, 2002 ; Oluwasola, 2006) en substitution partielle du tourteau de soja.

3.3.2. Graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*)

La culture de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*) dont la production a évolué de 172 000 tonnes de caoutchouc en 2006 à 480 000 tonnes en 2016, est en pleine expansion dans les régions Sud et Centre de la Côte d'Ivoire. Le caoutchouc produit par l'hévéa figure au troisième rang des produits d'exportation agricole ivoirienne (Kouakou et al., 2018). Avec une production annuelle d'au moins 500 kilogrammes de graines d'hévéa à l'hectare et une utilisation d'à peine 10 % de graines pour les pépinières, environ 75 000 à 100 000 tonnes de graines d'hévéa ne sont pas valorisées en hévéaculture (Eka et al., 2010).

Les résultats de la recherche indiquent que les graines d'hévéa brutes sont riches en lipides (49,5%), phosphore (0,82%) et riches en acides aminés comme la L-lysine (3,60%) et la méthionine (1,4%) (Oluyemi et al., 1975). Le tourteau artisanal des amandes de graine d'hévéa a des valeurs de 5349 kcal d'EM/ kg de MS, 23,5% de protéines brutes, 18,7% de matières grasses, 12,7 % de cellulose brute et 6% de cendres brutes (Kouakou et al., 2018) (Tableau I.4.). L'huile de la graine d'hévéa contient 23 % d'acide oléique, 37,3 % d'acide linoléique et 19,2% d'acide linolénique (Salimon & Abdullah, 2009 ; Salimon et al., 2012 ; Abedi & Sahari, 2014). Le rendement en tourteau des graines est de 47 à 50% pour les graines non décortiquées (Cirad, 1983 ; Koné et al., 2016) et de 88,7% pour les graines décortiquées (Koné et al., 2016). Le tourteau des graines d'hévéa peut constituer jusqu'à 25% du régime alimentaire des porcs (Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018) et des poulets (Buvanendran & Siriwardene, 1970 ; Rajaguru & wettimung, 1973 ; Atchibri al., 2008).

La graine brute d'hévéa est riche en acide cyanhydrique (275±2,5 mg/kg de MS) (Atchibri al., 2008). Elle contient 1,2% de saponines (Achinewhu, 1982) mais la farine de soja qui a un taux de saponine plus élevé (2,4%) a été utilisée avec succès pendant des décennies en alimentation des volailles sans effets indésirables. Ononogbo (1998) a signalé la présence d'autre facteurs anti-nutritionnels tels que les tannins (4,23%), un inhibiteur de trypsine (0,42 unités), les phytates ($3,7x10^{-4}$g/ml). Cependant, ces facteurs anti-nutritionnels sont thermolabiles (Offiong & Olomu, 1990) et sont réduits à un niveau significativement non toxique (1,8±0,1 mg/kg) lorsqu'ils sont grillés, bouillis ou chauffés à 105 °C (Atchibri et al., 2008 ; Koné et al., 2016 ; Udo et al., 2018) ou stockés pendant 4 à 6 mois (Enderlin & Le Bras, 1937 ; Madubuike et al., 2006). La réduction à 100 % de l'inhibiteur de la trypsine, par traitement thermique (Udo et al., 2018), a pour conséquence que la digestibilité des protéines ne sera pas entravée lorsque les amandes des graines traitées thermiquement seront données aux volailles (Udo et al., 2018).

En raison des quantités importantes disponibles en Côte d'Ivoire et de la non-concurrence avec l'alimentation humaine, ces sous-produits pourraient constituer des matières premières locales d'origine végétale valorisables dans l'élevage des pintades dont le coût de l'alimentation représente entre 60 % et 65 % des coûts de production (Geoffroy et al., 1991 ; Sanni & Ogundipe, 2005 ; Chevalier & Halewyn, 2007).

4. Croissance, muscle et qualité de la viande de pintade

4.1. Croissance

Le pintadeau est très léger à l'âge d'un jour (Le Coz Douin, 1992). Le poids du pintadeau de souche sélectionnée d'un jour d'âge est situé entre 29 et 32 g (Le Coz Douin, 1992), tandis que celui du pintadeau indigène est compris entre 23 et 26 g (Sanfo et al., 2008, 2012). Toutefois, le pintadeau doit plus que doubler son poids à sept jours d'âge (Le Coz Douin, 1992). Le poids des pintades indigènes est compris entre 334 et 417 g à 12 semaines d'âge en système extensif au Bénin (Dahouda, 2009), entre 920 et 973 g et entre 1627 et 1664 g respectivement à six mois et à un an d'âge en système semi-intensif au Zimbabwe (Musundire et al., 2017). Dans le système intensif, le poids des pintades indigènes est compris entre 467 et 695 g à 12 semaines d'âge (Dahouda, 2009 ; Fajemilehin, 2010) et entre 906 et 1030 g à 16 semaines d'âge (Houndonougbo et al., 2017). En somme, les pintades indigènes croissent plus rapidement en système intensif qu'en système extensif. Cependant, les performances de croissance des pintades indigènes restent très inférieures à celles des pintades sélectionnées en Europe qui ont un poids compris entre 1800 et 1981 g à 12 semaines d'âge (Laudadio et al., 2012 ; Tufarelli et al., 2015 ; Tufarelli & Laudadio, 2015) et entre 2007 et 2273 g à 14 semaines d'âge (Baéza et al., 2001).

4.2. Développement musculaire

Le tissu musculaire est constitué de faisceaux de fibres, cellules musculaires plurinucléées constituées de faisceaux de myofibrilles enveloppés de tissu conjonctif riche en collagène, mais aussi d'adipocytes, et de cellules nerveuses, endothéliales ou sanguines. Les mitochondries intermyofibrillaires et subsarcolemmales produisent une grande partie de l'énergie libre (ATP) nécessaire au muscle, à partir des substrats énergétiques apportés par la circulation sanguine (glucose, lactate, acides gras) ou endogènes (glycogène, triglycérides) (Faergeman & Knudsen, 1997 ; Rolfe & Brand, 1997).

Tableau I.5.: Composition approximative (%), profil en acides aminés (g/100 g de viande) et teneur en minéraux (mg/100 g) des différentes découpes fraîches de pintades locales de 15 semaines d'âge

Composition	Découpe		
	Filet	Pilon	Cuisse
Eau	74,55	74,01	74,25
Protéines	22,70	22,35	20,47
Lipides	2,26	2,83	2,99
Cendres	1,01	0,95	1,08
Acide aminé			
Alanine	2,11	2,10	1,86
Arginine	0,94	1,01	1,90
Acide aspartique	2,19	2,09	1,96
Cystine	0,16	0,15	0,14
Acide glutamique	2,93	2,99	2,73
Glycine	1,71	2,33	1,76
Histidine	0,59	0,44	0,41
Isoleucine	0,55	0,58	0,52
Leucine	1,59	1,56	1,44
Lysine	1,40	1,37	1,26
Méthionine	0,55	0,52	0,49
Phénylalanine	0,58	0,59	0,54
Proline	0,95	1,21	1,00
Serine	1,23	1,23	1,16
Thréonine	1,02	1,03	0,97
Tyrosine	0,48	0,48	0,44
Valine	0,70	0,71	0,66
Minéraux			
Calcium	13,55	15,92	15,87
Cuivre	0,05	0,06	0,03
Fer	0,70	1,46	1,33
Magnésium	24,81	23,82	23,46
Manganèse	0,03	0,03	0,03
Phosphores	119,50	112,72	123,10
Potassium	123,33	130,37	129,25
Sodium	16,48	17,50	18,32
Zinc	0,58	2,06	1,50

Source : Tlhong, 2008

Chez les oiseaux, la croissance rapide des lignées sélectionnées pour la production de viande est liée à l'augmentation de la proportion de fibres blanches et du diamètre des fibres blanches et rouges de leurs muscles (Klosowska et al., 1998 ; Hejnowska et al., 1999 ; Dransfield & Sosnicki, 1999).

En ce qui concerne la microstructure musculaire du filet, la pintade se distingue des autres espèces de volailles. Le filet de pintade a une forte proportion des fibres blanches comme chez les gallinacés, tandis que le diamètre des fibres blanches chez la pintade est similaire à celui des oies WD3 sélectionnées pour la production de viande (Bernacki et al., 2012b). En effet, les diamètres des fibres blanches du filet de pintade blanche (52,9 à 53,3 µm) sont similaires à ceux des fibres blanches du filet d'oie (52,9 µm). Le diamètre des fibres rouges est plus petit chez les oies (25,2 à 29,1 µm) que chez les pintades (36,9 à 39,5 µm). La proportion en fibres rouges du filet des oies (75,8 à 76,3 %) est plus élevée que celle du filet des pintades (30,9 à 32,9%). Par ailleurs, la proportion en fibres blanches du muscle du filet des oies (23,7 à 24,2%) est plus faible que celle du filet des pintades (67,09 à 69,08%) (Klosowska et al., 1998). La proportion et le diamètre de fibres blanches de filet de poulet industriel, respectivement de 96% et de 68,2 µm (Smith et al., 1993), sont supérieurs à ceux des fibres blanches du filet d'oies ou de pintades. Toutefois, la restriction de la quantité ou de la qualité des aliments entraîne une diminution du diamètre des fibres musculaires (Fanatico et al., 2007).

La microstructure du muscle du filet de la pintade grise et de la pintade blanche montre une proportion et un diamètre plus élevés des fibres blanches chez la pintade grise et des fibres rouges chez la pintade blanche (Bernacki et al., 2012b).

4.3. Qualité de la viande de pintade

L'alimentation affecte les paramètres physicochimiques et organoleptiques de la viande, y compris la composition de la carcasse, le degré d'engraissement, le profil en acides gras de la viande (Khan et al., 2015). Les qualités nutritionnelle et organoleptique de la viande fraiche sont déterminées par sa composition. Elles peuvent varier selon la génétique, le sexe, l'âge et les conditions d'élevage des pintades.

4.3.1. Qualité nutritionnelle de la viande de pintade

La composition approximative, le profil en acides aminés et la teneur en minéraux des différentes découpes fraîches de pintades sont indiqués dans le tableau I.5. Les teneurs en humidité, protéines, lipides et cendres sont respectivement

Tableau I.6.: Profil en acides gras (% de lipide totaux) et teneur en cholestérol (mg/100 g) des différentes découpes fraîches de pintades locales de 15 semaines d'âge

Acide gras	Découpe		
	Filet	Pilon	Cuisse
Saturé			
C6:0 (caproic)	0,35	0,37	0,07
C10:0 (capric)	0,00	0,05	0,00
C11:0 (undecanoic)	0,00	0,13	0,08
C12:0 (lauric)	0,03	0,10	0,05
C13:0 (tridecanoic)	0,01	0,10	0,08
C14:0 (myristic)	0,29	0,42	0,31
C15:0 (pentadecanoic)	0,42	0,17	0,21
C16:0 (palmitic)	24,37	21,61	23,25
C18:0 (stearic)	0,31	0,15	0,12
C20:0 (arachidic)	0,33	0,31	0,40
C21:0 (lignoceric)	0,46	0,20	0,29
C22:0 (behenic)	0,00	0,00	0,08
C24:0 (tetracosanoic)	0,19	0,98	0,19
Monoinsaturé			
C14:1 (myristoleic)	0,00	0,08	0,05
C15:1 (pentadecanoic)	0,29	0,21	0,07
C16:1n-7 (palmitoleic)	0,60	1,81	0,10
C18:1n-9c (oleic)	22,42	21,92	25,81
C18:1n-9t (transelaidic)	1,79	0,12	0,09
C20:1n-9 (gondoic)	1,34	0,12	0,07
C22:1n-9 (erucic)	0,20	0,46	0,08
C24:1n-9 (nervonic)	0,37	0,40	0,10
Polyinsaturé			
C18:2n-6c (linoleic)	28,62	32,58	42,57
C18:2n-6t (trans-linolelaidic)	0,00	1,17	0,10
C18:3n-6 (*γ*-linolenic)	0,86	1,14	1,38
C18:3n-3 (α-linolenic)	0,51	0,11	0,39
C20:2 (eicosadienoic)	0,95	1,89	0,35
C20:3n-3 (eicosatrienoic)	0,25	0,10	0,20
C20:3n-6 (homo-g-linoleic)	9,87	6,81	0,09
C20:4n-6 (arachidonic)	0,95	0,31	0,27
C20:5n-3 (eicosapentaenoic)	0,18	0,63	0,47
C22:2 (docosadienoic)	0,43	0,17	1,10
C22:5n-3 (docosapentaenoic)	0,60	2,36	0,14
C22:6n-3 (docosahexaenoic)	3,01	3,01	1,51
Total			
Σ AGS	26,77	24,60	25,12
Σ AGMI	26,99	25,11	27,28
Σ AGPI	46,24	50,29	47,59
TAGI	73,23	75,40	74,88
Σ AGPI/ Σ AGS	1,74	2,07	1,92
Σ AGPI n-6	40,30	40,83	44,32
Σ AGPI n-3	4,56	6,23	2,72
n-6/n-3	8,83	6,56	16,36
Cholestérol (mg/100 g)	56,84	126,18	131,75

Source : Tlhong, 2008

comprises entre 74,1 et 74,6%, entre 20,5 et 22,7%, entre 1 et 1,1%, et entre 2,3 et 3%.

La viande de pintade contient dix-sept acides aminés dont les huit des neuf acides aminés essentiels histidine, isoleucine, leucine, méthionine, phénylalanine, thréonine, lysine et valine (Tlhong, 2008). L'acide aminé essentiel manquant est le tryptophane. Les profils en acides gras du filet de pintade, présentés dans le tableau I.6, montre sa richesse en acides linoléique (C18:2 n-6), palmitique (C16:0) et oléique (C18:1 n-9) avec des proportions comprises entre 21,6 et 42,6% de lipides totaux. La teneur de chaque acide gras omega-3, acide *α*-linolénique, EPA, DPA et DHA, représente 0,2 à 3% de la teneur totale en acide gras. La somme des acides gras saturés est comprise entre 25,1 et 27,3% de lipides totaux, celle des acides gras mono insaturés représente 46,2 à 50,3% et celle des acides gras polyinsaturés se situe entre 32,9 et 37,8%. Comparée à la caille (López-Pedrouso et al., 2019), la pintade se caractérise par une plus forte proportion d'acides gras polyinsaturés. La teneur en cholestérol total de la viande de pintade est comprise entre 56,8 et 131,8 mg pour 100 g de viande. La teneur en cholestérol et les profils en acides aminés et en acides gras diffèrent selon la partie de l'oiseau (filet, cuisse ou pilon) (Tlhong, 2008).

La teneur de la viande de pintade en eau, protéine brute et cendres brutes n'est influencée ni par la génétique (Kerketta & Mishra, 2016), ni par l'alimentation (Laudadio et al., 2012). Cependant, la teneur en protéine brute est affectée par l'âge de la pintade (Musundire et al., 2017 ; López-Pedrouso et al., 2019). Les teneurs en eau et en protéine brute augmentent avec l'âge de la pintade (Musundire et al., 2017). La teneur en lipides dans la viande dépend de la génétique (Kerketta & Mishra, 2016), de l'âge et du sexe (Kokoszyński et al., 2011 ; Mróz et al., 2016 ; Musundire et al., 2017) et de l'alimentation (Laudadio et al., 2012) de la pintade. Par exemple, la teneur en lipides dans la viande de la pintade grise (4,7%) est supérieure à celle de la pintade lavande (3,5%) (Kerketta & Mishra, 2016). La teneur en lipides de la viande augmente avec l'âge et les femelles sont plus grasses que les mâles (Musundire et al., 2017).

La teneur en cholestérol total de la viande de pintade est influencée par son alimentation qui peut contenir des substances biologiquement actives capables d'influencer le métabolisme du cholestérol chez la volaille et, en fin de compte, de modifier la teneur en cholestérol de la viande de volaille, comme la pintade (Laudadio et al., 2012 ; Tufarelli et al., 2015 ; Tufarelli & Laudadio, 2015). Ces substances biologiquement actives peuvent être des polyphénols, des catéchines et des flavonols

naturels (Azeke & Ekpo, 2009 ; Laudadio et al., 2015) ou des AGPI n-3 (Simopoulos, 1991).

Par ailleurs, le profil en acide gras de la pintade est modifié par l'alimentation (Tufarelli et al., 2015 ; Premavalli et al., 2018 ; Chiroque et al., 2018), mais très peu par la génétique de l'oiseau (Bernacki et al., 2012a).

L'influence du sexe et du système d'élevage sur la graisse abdominale et sous-cutanée est remarquable chez la pintade. Les proportions de gras abdominal sont plus élevées chez les femelles par rapport aux mâles (Baéza et al., 2001 ; Kokoszyński et al., 2011) et en système intensif par rapport au système extensif (Fanatico et al., 2007 ; Tejerina et al., 2009 ; Yamak et al., 2018). Une tendance similaire est également observée chez les poulets (Gous et al., 1999). La supplémentation alimentaire en acides gras polyinsaturés n-3 entraine une forte diminution de la proportion de graisse abdominale chez les pintades (Tufarelli et al., 2015). Le mécanisme impliqué est une réduction des dépôts graisseux dans les adipocytes existants, due à une réduction de la lipogenèse (inhibition de la lipogénèse par les AGPI bien connue) et/ou une augmentation de la lipolyse (Todorcevic & Hodson, 2016).

4.3.2. Effet des acides gras n-3 sur la qualité nutritionnelle de la viande de pintade

Chez les animaux monogastriques comme les volailles, la teneur en lipides dans la viande dépend de la génétique (Kerketta & Mishra, 2016), du sexe (Kokoszyński et al., 2011 ; Mróz et al., 2016 ; Musundire et al., 2017) et des conditions d'élevage (dont l'alimentation) (Yamak et al., 2018), alors que la quantité et la qualité des acides gras sont fortement modifiées par l'alimentation (Rymer et al., 2010 ; Apperson & Cherian, 2017 ; Chiroque et al., 2018). La composition des acides gras stockés dans le tissu adipeux ou le muscle reflète largement celle des lipides ingérés (Kouba & Mourot, 2011). En effet, il existe une forte relation entre la nature des acides gras apportés par l'aliment et ceux qui seront présents dans la viande (Wood et al., 2008). Il est donc possible d'orienter la qualité nutritionnelle de la viande en apportant à l'animal des aliments contenant des acides gras jugés bons pour la santé humaine notamment les acides gras n-3 (Avezard et al., 2009 ; Barceló-Coblijn & Murphy, 2009; Todorčević & Hodson, 2016).

Tableau I.7. : Effet de l'alimentation sur le profil en acides gras du filet de pintades femelles (en % de lipides totaux)

Référence	Bernacki et al. (2012)	Bernacki et al. (2012)	Laudadio et al. (2012)	Tufarelli & Laudadio (2015)	Tufarelli et al. (2015)
Age	14 semaines	14 semaines	12 semaines	12 semaines	12 semaines
Génotype	Pintade blanche	Pintade grise	Pintade grise	Pintade grise	Pintade grise
% et Source de protéine	100% Aliment pour poulet de chair	100% Aliment pour poulet de chair	18% Pois (*Pisum sativum*)	13% Haricot Faba (*Vicia faba*)	24% Lupin (*Lupinus albus*)
C12:0 Lauric	nd	nd	0,97	1,01	1,11
C14:0 Myristic	0,37	0,31	5,11	4,09	4,47
C16:0 Palmitic	20,5	18,7	18,51	18,47	19,01
C18:0 Stearic	21,2	21,4	0,39	0,39	0,40
C21:0 Heneicosanoic	0,58	0,56	nd	nd	nd
C24:0 Lignoceric	1,17	1,12	nd	Nd	nd
C14:1 n-5 Myristoleic	nd	nd	0,29	0,45	0,51
C16:1 n-7 Palmitoleic	0,57	0,45	4,16	4,90	4,63
C17:1 Heptadecenoic	0,30	0,29	nd	nd	nd
C18:1 n-9 Oleic	18,6	18,3	34,13	35,41	33,92
C24:1 Nervonic	0,94	1,13	nd	nd	nd
C18:2 n-6 Linoleic	22,8	25,2	30,17	30,27	29,79
C20:2 Eicosadienoic	0,64	0,75	nd	nd	nd
C18:3 n-3 *α*-Linolenic	0,57	0,66	0,59	0,46	0,45
C18:3 n-6 *γ*-Linolenic			0,71	0,60	0,75
C20:4 n-6 Arachidonic	9,23	8,64	1,09	0,94	1,19
C22:4 n-6 adrenic	1,27	1,37	nd	nd	nd
C20:5 n-3 EPA	nd	nd	1,75	1,29	1,63
C22:5 n-3 DPA	nd	nd	1,31	1,22	1,42
C22:6 n-3 DHA	1,22	1,15	0,82	0,50	0,72
Σ AGS	43,8	42,1	24,98	23,96	24,99
Σ AGMI	20,4	20,1	38,58	40,76	39,06
Σ AGPI	35,8	37,8	36,44	35,28	35,95
Σ AGPI n-6	33,59	35,54	31,97	31,81	31,73
Σ AGPI n-3	1,51	1,48	4,47	3,47	4,22
n-6/n-3	22,32	24,01	7,15	9,17	7,52

EPA = acide eicosapentaenoic ; DPA = acide docosapentaenoic ; DHA = acide docosahexaenoic ; AGS = acides gras saturés ; AGMI = acides gras monoinsaturés ; AGPI = acides gras polyinsaturés ; n-6/n-3 = ratio Σ AGPI n-6 / Σ AGPI n-3 ; nd : non déterminé.

Des études récentes se sont intéressées aux apports d'acides gras n-3 dans l'alimentation des pintades via l'incorporation des graines de lin (*Linum usitatissimum*) et de courge musquée (*Cucurbita moschata*) (Chiroque et al., 2018) ou de pois (*Pisum sativum*) (Laudadio et al., 2012) ou d'haricot faba (*Vicia faba*) (Chiroque et al., 2018) ou de lupin (*Lupinus albus*) (Tufarelli et al., 2015) (Tableau I.7.). Ces études ont montré que les teneurs en acides gras n-3 et n-6 sont augmentées dans la viande, notamment la concentration des acides linoléique (C18:2 n-6) et linolénique (C18:3 n-3) et des acides gras à chaine longue dérivés du processus d'élongation et de désaturation, comme l'EPA (C20:5 n-3) et le DHA (C22:6 n-3) (Legrand, 2005 ; Barceló-Coblijn & Murphy, 2009). Cette augmentation de la quantité d'acides gras n-3 et n-6 est concomitante à une diminution de la fraction des acides gras saturés et de la teneur en cholestérol, et une augmentation de la fraction des acides gras mono insaturés et polyinsaturés. De plus, le rapport n-6/n-3 est réduit significativement dans la viande, ce qui est dû à la teneur élevée en acide α-linolénique (Apperson & Cherian, 2017; Kanakri et al., 2018 ; Chiroque et al., 2018). Les AGPI n-3 ont un effet protecteur car ils sont considérés comme des ingrédients fonctionnels capables de réduire l'incidence des maladies coronariennes et autres maladies chroniques chez les humains (Peiretti et al., 2007 ; Laudadio et al., 2015). Par conséquent, le rapport n-6/n-3 paraît déterminant (Storlien et al., 2000). Par ailleurs, une augmentation de la proportion d'acide α-linolénique a été montrée en utilisant les graines de lin (Apperson & Cherian, 2017), l'huile de lin (Lopez-Ferrer et al., 2001 ; Zelenka et al., 2008) et les graines de Chia (*Salvia hispanica* L.) (Ayerza et al., 2002) dans l'alimentation des poulets.

4.3.3. Qualité organoleptique de la viande de pintade

Chez la pintade, le génotype n'a pas d'effet significatif sur le profil sensoriel de la cuisse et du filet de la pintade, alors que le sexe a un impact sur le profil sensoriel de la viande (Baéza et al., 2001). Selon Baéza et al. (2001), la chair des cuisses et du filet des femelles est jugée nettement plus tendre, moins fibreuse par rapport à celle des mâles. Cependant, le goût de la chair des cuisses des mâles est jugé plus doux comparé à celui des femelles. L'impact de l'âge sur les propriétés sensorielles du filet des pintades mâles est positif par rapport aux femelles. En effet, l'étude réalisée par Kokoszyński et al. (2011), montre que l'intensité de l'arôme, la préférence de l'arôme, la tendreté et la jutosité du filet des pintades femelles se dégradent avec l'âge. En

comparaison aux femelles pintades, la préférence du goût du filet des pintades mâles augmente avec l'âge. Selon Ponte et al. (2004), Fanatico et al. (2007) et Okine et al. (2009), la présence de certaines substances dans l'alimentation des volailles peut modifier le profil sensoriel de leur viande. A notre connaissance, l'utilisation de certaines matières premières non conventionnelles dans l'alimentation des pintades n'a eu aucun effet négatif sur les propriétés sensorielles de la viande de pintade (Chiroque et al., 2018). En ce qui concerne les méthodes de cuisson, la méthode de cuisson à 160 °C dans du papier aluminium semble être la meilleure pour la rétention du jus et la tendreté de la viande. La méthode du sachet de cuisson provoque une faible intensité gustative par rapport aux méthodes de grillade à ciel ouvert ou de cuisson dans du papier aluminium (Tlhong, 2008).

Conclusion de l’étude bibliographique

En Afrique, l’élevage familial de volailles occupe une place importante dans les activités des ménages ruraux et périurbains. La pintade joue un rôle socioéconomique très important, aux côtés d'autres espèces de volaille. En terme de préférence des producteurs et des consommateurs, la pintade occupe la première place en raison de sa qualité organoleptique et de sa double production de viande et d’œufs ainsi que sa résistance aux maladies aviaires communes. Bien que la pintade soit plus intéressante que les autres espèces aviaires, elle reste moins disponible pour le consommateur en raison de sa faible productivité dans le système d'élevage traditionnel actuel en Afrique sub-saharienne. Plusieurs expériences visant à améliorer les conditions d'élevage ont montré que la production a augmenté, de même que le poids, sans atteindre les performances des souches améliorées. Contrairement au poulet, en Côte d’Ivoire, la pintade n'a pas encore bénéficié d'un programme de développement pour l'amélioration de sa survie et de sa productivité. Cependant, tout programme de développement de l’élevage de la pintade doit tenir compte de la concurrence alimentaire entre l’homme et les animaux qui devient préoccupante en raison de l’augmentation de la population en Afrique. Pour combler le déficit entre la demande en protéines et le niveau de productivité animale, la stimulation de la production locale est obligatoire, d’où la nécessité de valoriser d’autres ressources alimentaires. La détermination des valeurs alimentaires de ces ressources ainsi que de leur toxicité est particulièrement importante. De nombreuses ressources alimentaires non conventionnelles sont potentiellement exploitables pour la production animale en Afrique notamment en Côte d’Ivoire. Mais, quelques contraintes limitent encore leur utilisation pour l’alimentation des monogastriques. La principale contrainte est la présence de facteurs toxiques et antinutritionnels. Diverses méthodes montrent la possibilité de réduire ces facteurs par l’emploi de la chaleur, notamment. La possibilité d’élaborer des aliments complets constitués uniquement de ressources locales et le développement de l’élevage de pintades est, en soi, porteuse d’espoir. Elle ne doit pas être considérée comme une tentative de repli protectionniste de pays pauvres comme la Côte d’Ivoire mais comme une volonté d’échapper à la faim et à la dépendance alimentaire.

OBJECTIFS DE LA THESE

L'objestif de ce travail était : 1) de poser un diagnostic de l'élevage de pintade dans le but d'avoir une meilleure connaissance des avantages et inconvénients des systèmes de production dans les conditions locales ; 2) de déterminer l'effet des tourteaux d'amandes de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou des amandes de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) comme substituant partiel de la farine de soja sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande de pintade ; 3) d'évaluer l'éffet des tourteaux d'amandes de graines d'hévéa ou des amandes de noix de cajou comme substitut du tourteau de soja sur les attribus sensoriels de la viande de pintade et la préférence du consommateur.

En premier lieu, une enquête dans plusieurs villes et villages de 15 régions de la Côte d'Ivoire a été réalisée pour établir une meilleure connaissance de l'élevage de pintades. Les objectifs des éleveurs ont été déterminés en utilisant un arbre de classification et de regression. Les niveaux de connaissances techniques ont été évalués avant d'établir une typologie basée sur leurs profils socio-économiques et sur leurs niveaux de connaissances techniques (Chapitre II).

Ensuite, les effets de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa ou de noix de cajou déclassées en remplacement partiel du soja sur les performances des pintades de deux souches (pintade locale et pintade sélectionnée) ont été évalués. Les performances, certains paramètres sériques et la qualité de la viande ont été étudiés (Chapitre III).

Enfin, l'impact de incorportion des tourteaux de graines d'hévéa ou de noix de cajou comme substitut du tourteau de soja sur les attribus sensoriels de la viande de pintade et la préférence du consommateur a été déterminé par des tests sensoriel et de préférence du consommateur (Chapitre IV).

Chapitre II :

ENQUETE EN COTE D'IVOIRE

Préambule

Bien que la pintade soit plus intéressante d'un point de vue organoleptique et nutritionnel que les autres espèces aviaires, elle reste moins disponible pour le consommateur en Côte d'Ivoire. Contrairement au poulet, la pintade n'a pas encore bénéficié d'un programme de développement pour l'amélioration de sa survie et de sa productivité dans ce pays. L'étude bibliographique a souligné la rareté des références de travaux scientifiques sur l'élevage des pintades en Côte d'Ivoire. Selon le rapport de synthèse sur la biodiversité biologique de la Côte d'Ivoire rédigé par Avit et al. (1999), la pintade fait partie des espèces d'oiseaux menacées appartenant à la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). La dernière référence publiée en Côte d'Ivoire est celle de Koue Bi et al. (2017) qui indique que les plumes de pintades sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement des plaies pernicieuses et persistantes chez le peuple Gouro de la région de la Marahoué.

Ayant besoin d'informations complémentaires dans le cadre de cette thèse, un diagnostic de l'élevage de la pintade a été entrepris dans différents villages et villes du pays à travers une enquête transversale et rétrospective réalisée en 2016. Un questionnaire a été élaboré pour cette enquête. Ce questionnaire figure en annexe du manuscrit. Les objectifs étaient 1) d'établir une meilleure connaissance de l'élevage de pintades ; 2) d'évaluer le niveau des connaissances techniques des éleveurs ; et 3) d'établir une typologie globale des éleveurs en fonction de leur profil socio-économique, de l'objectif des éleveurs (vente ou consommation) et de leur niveau de connaissances techniques.

L'échantillonnage a été fait selon une méthode non probabiliste dite ‘‘en boule-de-neige’’. Dans cette partie, une description de la situation actuelle de l'élevage de la pintade en Côte d'Ivoire sera effectuée. De plus, il est important de réaliser une analyse relationnelle multidimensionnelle pour mieux connaitre les acteurs concernés afin de proposer des solutions conformes à leurs conditions et à leurs aspirations. Cela a conduit à l'utilisation d'outils d'analyses tels que l'arbre de classification et de régression (CART), l'analyse des correspondances multiples (ACM), la classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'arbre à problèmes.

L'analyse complète de cette étude est présentée en anglais sous forme d'article scientifique publié par Poultry Science. Elle a aussi servi de base à la communication orale tenue aux Douzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras (Tours, France, 05 et 06 avril 2017). Un article et un poster intitulés ‘‘Typologie des éleveurs de pintades (*Numida meleagris*) de Côte d'Ivoire’’ ont été publiés dans l'ebook des JRA-JRFG 2017.

Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast

Ce travail a été publié dans le journal Américain *Poultry Science*.

Koné G. A., Kouassi G. F., Kouakou N.D.V. & Kouba M., 2018. Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast. Poultry science, *97*(12):4272-4278.

Abstract

In order to promote farming of guinea fowl and to diversify the sources of income of Ivorian farmers, a survey was conducted in 2016 in 15 regions (197 farmers) out of a total of 31 regions in Ivory Coast. The aims were 1) to establish a better knowledge of guinea fowl farming ; 2) to assess the level of technical knowledge of farmers ; and 3) to establish a global typology of farmers based on their socio-economic profile, the goal of the farming (sale or consumption), and their level of technical knowledge. The sampling was realized according to a snowball type design (chain referral sampling method) a non-probabilistic method where farmers were selected not from a sampling frame but from the friendship network of existing farmers of the sample. Guinea fowl farming was undertaken by persons from all the social levels with no distinctions due to sex, religion, ethnic group, or level of education. For farmers with more than 48 guinea fowl and farmers who were Muslims, farming was a source of income. Owners of guinea fowl under 60 yr old, Christians and atheists kept a part of their production for their own consumption and marketed the remainder of the flock. Incubation was primarily accomplished by a laying hen, with an estimated hatching rate of 72%. In our survey, 68.5% of the farmers had a good practical knowledge of guinea fowl farming. The identified weaknesses of guinea fowl farming in the regions where the survey took place were the absence of knowledge of guinea fowl farming and the poverty of farmers who could not afford incubators nor provide a good nutrition to their animals. The future development of this farming will have to take into account all these weaknesses that are also limitations to this development.

Key words : Ivory Coast, guinea fowl farming, *Numida meleagris,* socioeconomy, typology

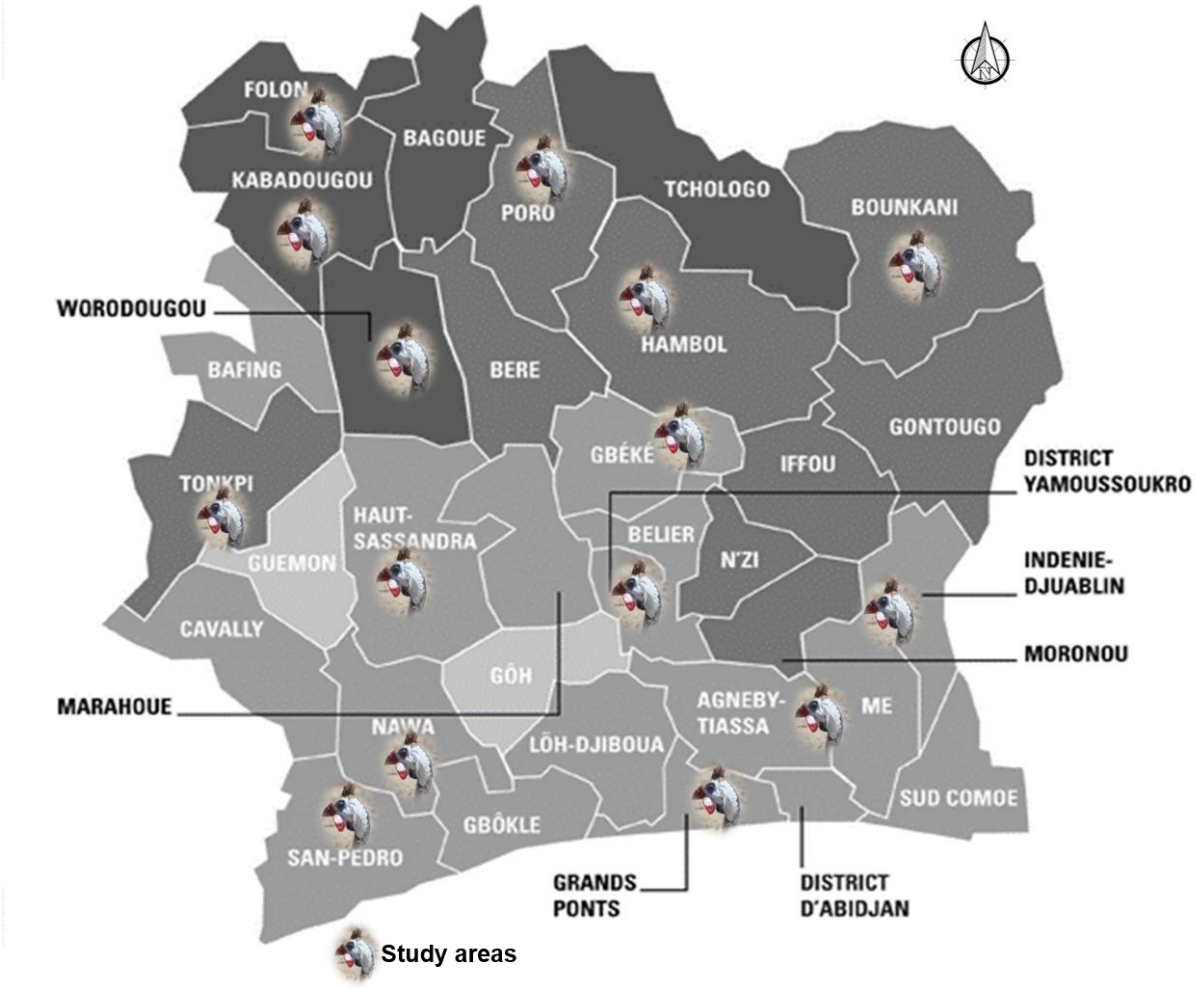

Figure II.1.: Study areas on the map of Ivory Coast.

1. Introduction

According to the FAO (Kone and Danho, 2008), in the Ivory Coast, poultry farming is an essential part of animal production. Indeed, poultry meat represents 44% of the Ivorian meat production (Kouadio et al., 2013). Ivorian poultry farming includes chicken, guinea fowl, ducks, turkeys, and pigeons. Among these species, guinea fowl play an important sociocultural role (sacrifices during ritual ceremonies, gifts for important visitors, or gifts for weddings). In the Ivory Coast, guinea fowl are considered as luxury poultry and their farming can play an important role in the reduction of poverty of small farmers and has also an important role by increasing the self-sufficiency in animal proteins for these small farmers. More than 70% of poultry farming is traditional because of the low initial investment (Kone and Danho, 2008); the animals primarily wander whether being fed by the farmer or not. In comparison to chicken farming, guinea fowl farming is more profitable because guinea fowl are more resistant to pathologies present in the Ivory Coast and so it is a bird well adapted to traditional farming (Mishra et al., 2002). However, despite the importance of guinea fowl farming for the Ivory Coast, research has never been undertaken on this species in this country. In 2016 a survey was conducted in 15 regions (197 farmers) out of a total of 31 regions in Ivory Coast. The aims were 1) to establish a better knowledge of guinea fowl farming; 2) to assess the level of technical knowledge of farmers; and 3) to establish a global typology of farmers based on their socioeconomic profile, their level of technical knowledge, and the goal of the farming (sale or consumption).

2. Materials and methods

2.1. Location of the Survey

Ivory Coast is a West African country. Its surface is about 322,500 km^2 and the population was estimated to be 22,671,331 inhabitants in 2014. The survey was carried out in 96 villages and districts in 15 regions randomly selected among the Ivorian 31 regions (Figure II.1.).

2.2. Methodology of the Survey

The study was a transversal survey combined with a retrospective survey. The survey was realized in the Ivory Coast, with only 1 visit in each of the 197 guinea fowl farmers who were the owners of at least 1 male and 1 female. It was carried out in 2016, on the basis of face-to-face interviews.

2.3. Sampling

The sampling was realized according to a snowball type design, a non-probabilistic method where farmers were selected not from a sampling frame but from the friendship network of existing farmers of the sample (Salganik and Heckathorn, 2004). The first interviewed persons give information on other guinea fowl farmers who in turn will also provide information on farmers they know (Johnston and Sabin, 2010). The survey lasted until the interviewed farmer could not provide information on other farmers who were not already interviewed (Berteau, 2006; Kouakou et al., 2011, 2015). The pilot test to validate the questionnaire was achieved with guinea fowl farmers from Toumodi (town in southcentral Ivory Coast). With the not probabilistic method that was used, all the farmers who were met were interviewed (Kouakou et al., 2011).

2.4. Statistical Analysis

The questionnaire consisted of responses to qualitative and quantitative variables. Socioeconomic profile of the guinea fowl farmers was determined by a descriptive analysis. The analysis of the goal of the guinea fowl farmers used the classification and regression tree method on socioeconomic data (Kouakou et al., 2011). The classification and regression tree is obtained by a binary recursive partitioning.

The process is binary because parent nodes are always divided into 2 descendant nodes and recursive because the process is repeated by considering each node as a parent node (Speybroeck et al., 2004). The assessment of the farmer education level started with the selection of the most discriminatory variables. A classification (very good, good, or bad) was assigned to each answer. The types of zootechnical knowledge were identified through a multiple correspondence analysis (MCA) of the raw data. This method is often used to describe, explore, summarize, and visualize information contained within questionnaire data (Husson and Josse, 2014). Multiple correspondence analysis was followed by an ascending hierarchical classification (AHC) with standard settings (Euclidean distance, Ward's method, automatic truncation). The inputs of the AHC were the coordinates of the weighted percentages of inertia axes, reduced off-center.

The type of zootechnical knowledge was then linked with socioeconomic data to produce a comprehensive typing of farmers by using MCA and AHC. The quantitative variables were used to compare the groups resulting from global typing by ANOVA (ANOVA type I). A Tukey's honestly significant difference post hoc test was then carried out to determine quantitative variable means which significantly differed.

The problem tree, relational analysis tool was used to analyze the current situation of guinea fowl farming. This tree is used to identify a central problem, and its primary causes and effects (Anyaegbunam et al., 2004; Ghazouani et al., 2007; Kouakou et al., 2015). Statistical analysis was assessed by using software R version 3.3.1 (Copyright © 2016, R Foundation for Statistical Computing Platform) and XLSTAT version 2014.5.03 (Copyright © 1995-2014 Addinsoft SARL, Paris, France).

3. Results and discussion

3.1. Socio-Economic Data

The final sample was composed of 197 guinea fowl farmers. The majority (93.9%) of the farmers were men, most of the farmers (86.8%) were adults among which 81.3% were heads of family. Guinea fowl consumption was not taboo in the areas of the survey and the sample was equally distributed between the different ethnicities and the main Ivorian religious groups, with 29.9% of Christians, 52.8% of Muslims, and 17.3% of atheists. Sanfo et al. (2007) showed the same results in Burkina Faso. More than half of the farmers were literate (54.3%), with 20.3% of the farmers who had attended primary school, 10.7% had the college level, and 23.3% the high school level. This is slightly different than the results of Avornyo et al. (2016) who reported that in Northern Ghana, only 36% of guinea fowl farmers were literate with only 6.6% of them having a high school level.

The goal of different groups of farmers was the sale of their animals (38.1%), sale and family consumption (56.8%), and family consumption alone (5.1%). The proportion of farmers who sold their animals was similar to the situation in Burkina Faso (Sanfo et al., 2007).

3.2. Animal Husbandry

The survey represented a total of 16,764 guinea fowl, of which 3,669 were adult females and 11,407 were young animals (less than 2-mo-old) and 1,688 were males and females older than 2-mo-old (but not adult) and adult males. Approximately 11.3% of the total number of birds originated in France and had been selected for their growth performance. The average farm consisted of 85 guinea fowl ranging from 3 to 800 animals from which 67.9% were indigenous animals (raised during 6 mo of age), 11.3% were selected guinea fowl (raised during 90 d), and 20.8% were animals from crosses of both breeds. The majority of the farmers (94.9%) used indigenous birds and crosses, and of this majority, 75.1% kept less than 50 guinea fowl.

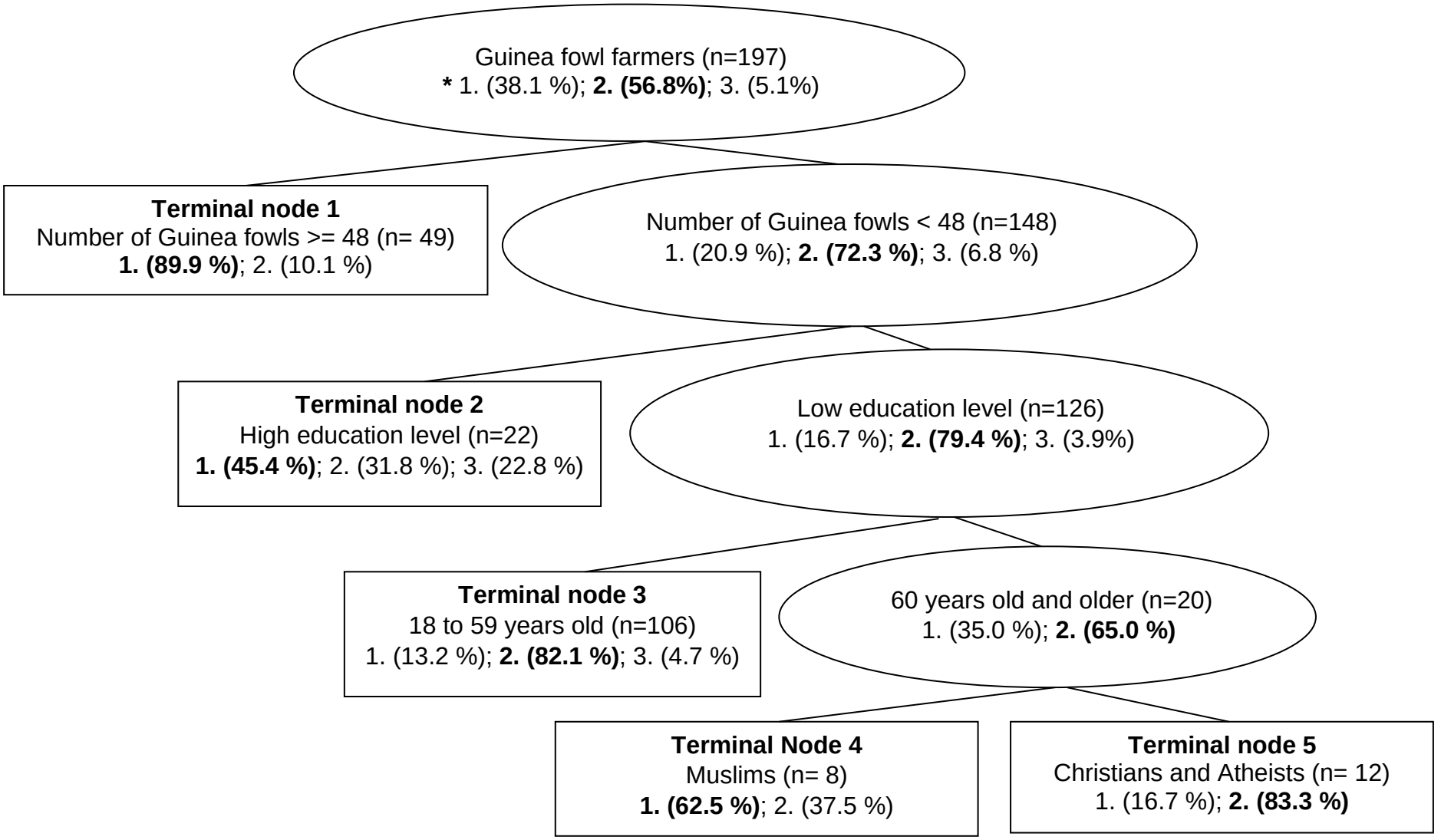

Figure II.2.: Classification tree with "goal of production" as target variable (frequency of each goal of production).

n = number of guinea fowl farmers, 1: Marketing; 2: Marketing and consumption; 3: Consumption.

On small farms, equipment such as feeders and drinkers were very basic (cut pots, broken canaris (large African cooking pots), cemented holes in the ground) which was similar to the equipment in Nigeria (Ayorinde, 2004). The guinea fowl were fed diets that did not meet their needs in terms of quality and quantity as it was described in Upper Volta by Nagalo (1984) and in Burkina Fasso by Bako (2004). Adult guinea fowl were fed once a day (in the morning) and received a few handfuls of maize, maize bran, or rice bran. In the morning and evening they received a supplement of termites harvested or produced by the farmer. The animals were not watered or if they were, the water quality was bad.

More than half of the adult birds (53.3%) slept in trees because the farmers did not furnish them shelters. The other farmers provided shelters such as small huts in palm or bamboo leaves for their adult guinea fowl and perforated calabash for young animals. Chicks primarily lived in the kitchen with their mother.

Age at sexual maturity of females was 6 mo and for males it was 7 mo. Guinea fowl mating was during the rainy season and the number of eggs per female and per year averaged 116. According to the farmers, guinea fowl rarely brooded their eggs and consequently laying hens were used by the farmers (Laurenson, 2002; Obun, 2004; Saina et al., 2005; Sanfo et al., 2007). Hatching rate was on average 72% and was similar to the rate observed by Laurenson (2002) in Benin but higher than the rate of 63.8% observed in Zimbabwe by Zvakare et al. (2018). Average mortality rate of the young animals was 43% and was lower than the observed mortality in Burkina Faso or in Benin (Bessin et al., 1998; Boko et al., 2011) but was higher than the 25% mortality observed by Zvakare et al. (2018) in Zimbabwe. The guinea fowl were sold on site or at local markets. The price of eggs for human consumption and the price of live animals varied regionally, respectively, between 35 and 300 CFA Francs per egg and between 2,500 and 10,000 CFA Francs for a live guinea fowl. Moreover, white guinea fowl are more expensive than grey fowl since they are preferred for sacrifices and witchcraft.

3.3. Main Determinants of the goal of Guinea Fowl Farming by the Classification Analysis

The analysis of the classification tree with the “goal of the guinea fowl farming” as dependent variable is presented in Figure II.2. The main variables and their index were in descending order: the number of animals (18.4), education level (9.2), and religion (3.9). The regression model contained these variables as the principal variables, which reflected their ranks in the hierarchy of all the socioeconomic variables (Kouakou et al., 2011). In the context of our study, the relevance of the variable ‘number of animals’ could be linked to the farmer technical skills, to the importance of the resources invested in this activity, and the interest of the farmer for this activity The.

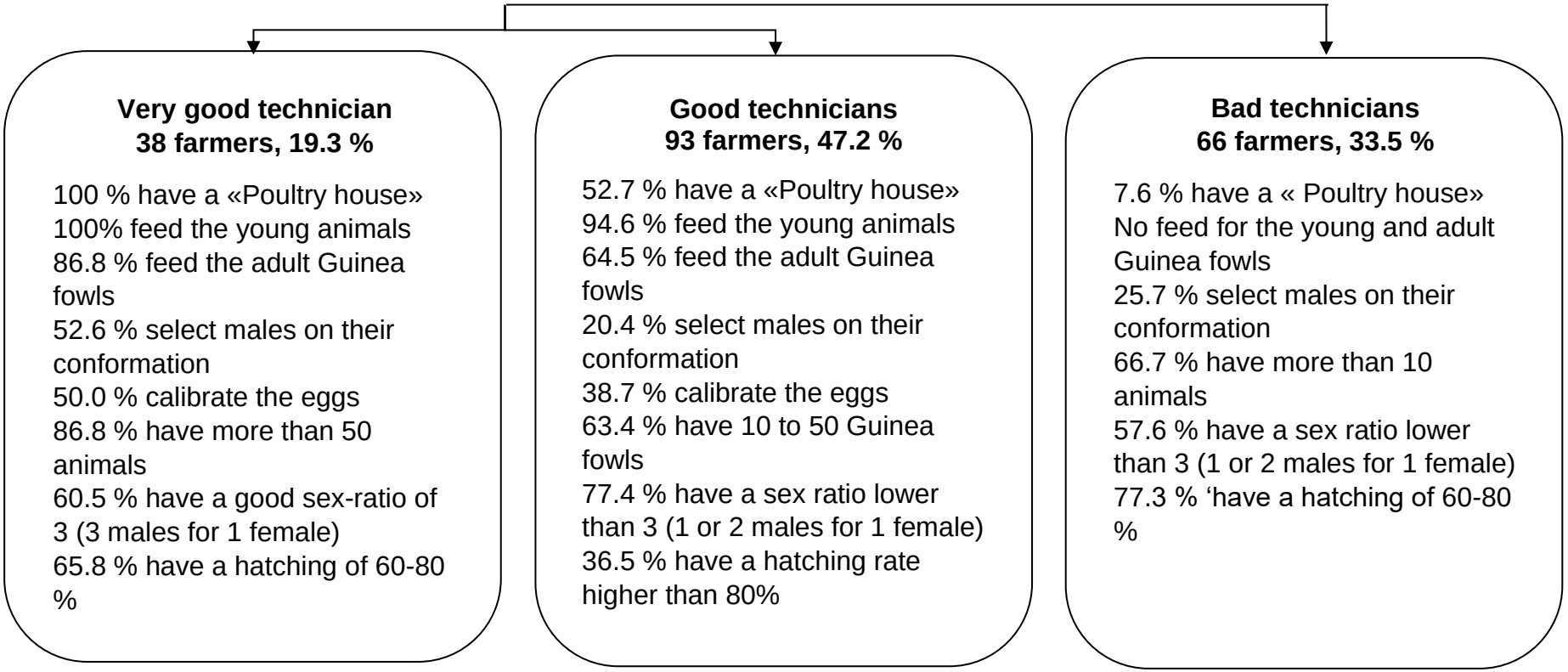

Figure II.3.: Evaluation of the technical capacities of the farmers (frequency mode in each group).

terminal node 1 included 49 farmers who had more than 48 guinea fowl. This group was a minority (24.9 %) and 89.9% of these farmers considered the guinea fowl as a source of income through commercialization. The terminal node 2 included 22 farmers with a level of education higher than college. 45.4% of these farmers commercialized their products. The terminal node 3 included 106 farmers who were older than 59 yr. Their level of education was college or below this level. The majority (82.1%) kept a part of their production for their family consumption, the remainder was sold. The terminal node 4 included 4 Muslim farmers of which the majority (62.5%) commercialized their products and the terminal node included 12 Christian or atheist farmers whose majority (83.3%) commercialized a part of their production and kept a part of their production for their own consumption. Through the commercialization and the on-farm consumption of eggs and meat, guinea fowl farming helps to reduce the poverty in rural areas and to improve the nutritional status of people from the social environment of the farmer. The prediction rate of the classification tree was 64.2%.

3.4. Evaluation of Technical and Zootechnical Knowledge of Guinea Fowl Farmers

Multiple correspondence analyses on 8 variables (Figure II.3.) led to a dispersion of farmers into 6 factorial axes. On the basis of the adjusted inertia, which was much closer to reality according to Greenacre and Pardo (2005), this graphic display explained 84.9% of the total variability. The hierarchical grouping on the basis of the coordinates of the farmers led to 3 groups of farmers (Figure II.3.). The division into 3 groups appeared to be linked to the poultry house and the feeding. The intragroup variances were 0.19, 0.22, and 0.10 for the groups 1, 2, and 3, respectively.

By descending capacity order, the first group of best technicians was a minority of farmers (19.3%). The characteristics of this group were as follows: 1) 100% of the farmers fed young guinea fowl and 86.8% of the farmers fed adult birds, 2) all the animals were in a poultry house, 3) 52.6% of farmers selected males for the reproduction on the basis of their conformation, and 4) half of the farmers visually graded the eggs into 3 categories (big, medium, and small). The majority (86.8%) of these farmers had more than 50 guinea fowl, 60.5% had a good sex-ratio (3 females for 1 male), and 65.8% of the farmers had a good apparent hatching rate (60 to 80%).

The second group of good technicians included 47.2% of the farmers. The characteristics of this group were as follows: 1) 94.6% of the farmers fed the young guinea fowl and 64.5% of the farmers fed adult birds, 2) 52.7% kept their animals in a

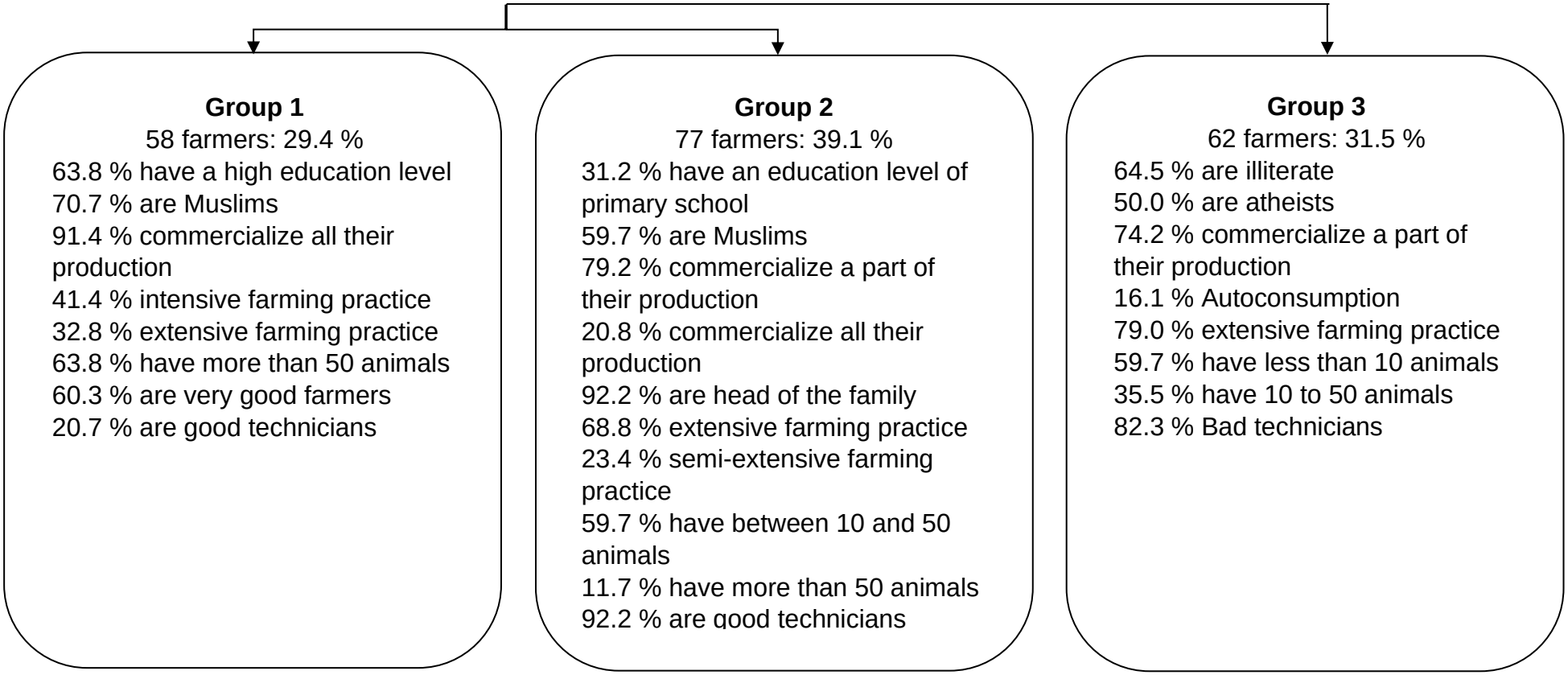

Figure II.4.: Classification of guinea fowl farmers (frequency mode in each group).

semblance of house, 3) 20.4% of farmers selected males for the reproduction on the basis of their conformation (and 40.9% of farmers selected the males on the basis of the color) and 38.7% of the farmers visually graded the eggs, 52.7% had a semblance of house for their animals and 77.4% had a sex ratio of less than 3 females for a male and 36.5% of the farmers had a good apparent hatching rate. More than half of the farmers (63.4%) owned between 10 and 50 guinea fowl.

The last group (33.5% of the farmers) was qualified as bad technicians with no feed for the animals, and only 7.6% had a semblance of house for their guinea fowl. The majority of the farmers from the last group had less than 10 birds (66.7% of the farmers) and a good apparent hatching rate (77.3% of the farmers) (Figure II.3.). In Ghana, the sex ratio was 1 cock for 1.4 females (Avornyo et al., 2016); in Nigeria and Zimbabwe, Yabuku et al. (2014) and Zvakare et al (2018) respectively observed a sex ratio of 1 cock for 2.3 females.

3.5. Global Typology of Guinea Fowl Farmers

Multiple correspondence analyses have led to a dispersion of farmers in 9 factorial axes. This graphic display explained 74.1% of the total variability. The hierarchical clustering on the basis of details of individuals shows that 3 groups of farmers can be distinguished by affinity (Figure II.4.). The division into 3 groups appeared to be related to the education level, the poultryfarming knowledge, the religion, and the flock of the breeders. The intragroup variances were 0.19, 0.08, and 0.23 for the groups 1, 2, and 3, respectively. The majority (82.3%) of farmers from the group 3 had a very limited knowledge of poultry farming. More than half of these farmers (64.5%) were illiterate and had less than 10 guinea fowl (59.7%). Half of them were atheist.

The group 2 was characterized by a majority (59.7%) of Muslim farmers. The majority (92.2%) of the farmers from group 2 were good farmers. In this group 2, 59.7% of farmers had between 10 and 50 guinea fowl. The average sex ratio (female/male) applied by the farmers of the group 1 (3.1) was higher than those of the groups 2 and 3 which were not different (2.3). The average herd size of group 1 (201.1) was 4 and 10 times higher, respectively, than those of groups 2 (50.3) and 3 (19.5) which were different.

The group 1 was characterized by an education level of at least the high school level for 63.8% of the farmers. These farmers were in majority (70.7%) Muslims. For the majority of these farmers (91.4%) guinea fowl farming was a source of income.

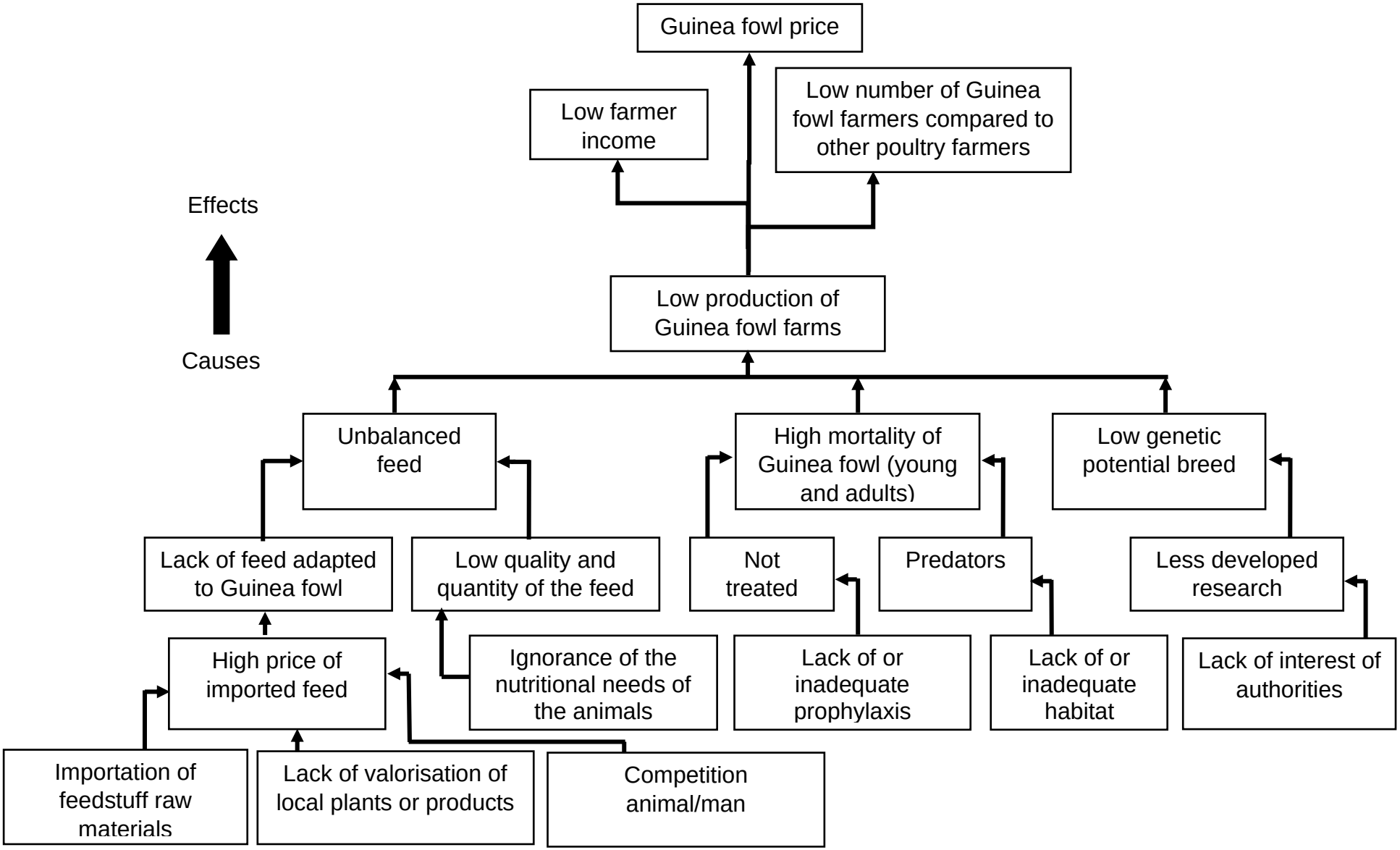

Figure II.5.: Tree of causes of Guinea fowl farm low productivity.

This group was composed by very good (60.3%) or good technicians (20.7%) and 63.8% of the farmers had more than 50 guinea fowl.

This typology confirmed that cultural context was a very important factor in the development of guinea fowl farming. In the Ivory Coast, 95% of Muslims belong to 2 ethnic groups Voltaic or Gou (Kouakou et al., 2011). These ethnic groups live in the north of the country. This part of the Ivory Coast is adapted to livestock farming and the population has a pastoral tradition since decades which explains their high technical skills.

3.6. Constraints of Guinea Fowl Farming in Ivory Coast

Numerous constraints (presented in Figure II.5.) handicap the optimizing efficiency of guinea fowl farming. The majority of farmers (95.9%) thought that the very high mortality of young birds was the most critical factor. The situation is similar in sub-Saharian African countries such as Zimbabwe (Saina et al., 2005), Burkina Faso (Sanfo et al., 2009), Benin (Boko et al., 2012), or Ghana (Mohammed and Dei, 2017). This mortality can have several causes and these authors found that the mortality could be attributed to the susceptibility of guinea fowl chicks to adverse weather conditions, to diseases and parasites, and to poor management. The cold and humidity sensitivity was also noted by other authors (Castaing, 1979; Sanfo et al., 2009) for which young guinea fowl are incapable of thermoregulation. This mortality could be decreased if farmers had access to technical training, especially to training on young guinea fowl management. Another constraint was the low capacity for brooding of female guinea fowl. In addition, the lack of feed adapted to guinea fowl was a hindrance to the development of successful breeding. The last constraint was the loss of animals and eggs by predation and theft.

Guinea fowl farming had some weaknesses which include minimal technical knowledge of guinea fowl management and a reduced capacity for successful incubation. Furthermore, the lack of training on the guinea fowl chicks breeding, the lack of instructors in guinea fowl farming, and the lack of adequate cheap feed adapted to guinea fowl were significant weaknesses that hindered the development of the guinea fowl breeding.

In view of these difficulties, some farmers developed certain skills more or less efficacious. The development of sustainable guinea fowl farming should take into account farmers' empirical knowledge as well as the goal of their production. The development also needs a plan for health management. The development of this

breeding activity could make a contribution to food selfsufficiency in animal proteins and to the fight against poverty in Ivorian rural areas.

Acknowledgments

The authors thank the farmers for their unreserved participation and cooperation. This study was supported by the Debt relief and Development Contract (2DC).

References

Anyaegbunam, C., P. Mefalopulos, and T. Moetsabi. 2004. Participatory Rural Communication Appraisal: Starting with the People (2nd edition). Centre of communication and development Zimbabwe and FAO, Rome, Italy.

Avornyo, F. K., S. Salifu, E. K. Panyan, B. I. Al-Hassan, M. Ahiagbe, and F. Yeboah. 2016. Characteristics of guinea fowl production systems in northern Ghana: a baseline study of 20 districts in northern Ghana. Livestock Res. Rural Dev. 28. Accessed Oct. 2017. http://www.lrrd.org/lrrd28/8/avor28134.html.

Ayorinde, K. L. 2004. The spice of life. The 71th inaugural lecture. Univ. Ilorin, Nigeria. Bako, A. 2004. Stratégies d'élevage de pintadeaux dans la zone de Bobo-Dioulasso : pertes économiques et moyens paysans de réduction de la mortalité. Rapport Agr´ement Technique, Europeen, Ougadougou, Burkina Faso.

Bessin, R., A. M. G. Belem, H. Boussini, Z. Compaore, Y. Kaboret, and M. A Dembele. 1998. Causes of young guinea fowl mortality in Burkina Faso. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. 51:87-93.

Berteau, G. 2006. La pratique de l'intervention en groupe, perceptions, stratégies et enjeux. PhD diss., Univ. Quebec, Montreal, Canada.

Boko, K. C., T. M. Kpodekon, S. Farougou, M. Dahouda, A. K. I. Youssoa, G. L. Aplogan, J. Zanou, and J. G. Mainil. 2011. Farmer perceptions and pathological constraints in helmeted guinea fowl farming in the Borgou department in North-East Benin. Afr. J. Agric. Res. 6:2348-2357.

Boko, K. C., T. M. Kpodekon, M. Dahouda, D. Marlier, and J. G. Mainil. 2012. Contraintes techniques et sanitaires de la production traditionnelle de pintade en Afrique subsaharienne. Ann. Med. Vet. 156:25-36.

Castaing, J. 1979. Aviculture et petits élevages. J. B. Baillière, ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, France.

Ghazouani, W., S. Marlet, I. Mekki, and A. Vidal. 2007. Diagnostic et analyse du fonctionnement d'un périmètre oasien. Cas de l'oasis de Fatnassa Nord, Kébili, sud tunisien. In 3eme atelier régional du projet Sirma, Nabeul, Tunisie.

Greenacre, M., and R. Pardo. 2005. Multiple Correspondence Analysis of a Subset of Response Categories. Accessed Oct. 2017. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.869 .9433&rep=rep1&type=pdf

Husson, F., and J. Josse. 2014. Visualization and verbalization of data. Pages 165-219 in Multiple Correspondence Analysis. I. J. Blasius, and M. Greenacre, eds. Chapman & Hall/CRC, UK.

Johnston, L. G., and K. Sabin. 2010. Echantillonnage déterminé selon les répondants pour les populations difficiles à joindre. Methodol. Innov. Online 5:38-48.

Kone, S., and T. Danho. 2008. Revue du secteur avicole, Côte d'Ivoire. FAO, Rome, Italy.

Kouadio, K. E., K. Kreman, G. S. Kouadja, B. J. Kouao, and A. Fantodji. 2013. Influence du système d'élevage sur la reproduction de la poule locale Gallus domesticus en Côte d'Ivoire. J. App. Biosci. 72:5830-5837.

Kouakou, N. D. V., C. E. M. Angbo-Kouakou, N. E. Assidjo, and J. F. Grongnet. 2015. Stratégies incitatives à la pratique de l'élevage des cobayes (*Cavia porcellus L*.) en Côte d'Ivoire. Int. J. Bio. Chem. Sci. 9:664-678.

Kouakou, N. D. V, N. Speybroeck, N. E. Assidjo, J. F. Grongnet, and E. Thys. 2011. Typifying guinea pig (*Cavia porcellus*) farmers in urban and peri-urban areas in central and southern Côte d'Ivoire. Outlook Agric. 4:323-328.

Laurenson, P. 2002. Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou, Bénin. MSc Diss., Gembloux Univ., Gembloux, Belgium.

Mishra, S., J. M. Kataria, R. L. Sah, K. C. Verma, and J. P. Mihra. 2001. Studies on the pathogenicity of Newcastle disease virus isolate in guinea fowl. Trop. Anim. Health Prod. 33:313-320.

Mohammed, A., and H. K. Dei. 2017. Comparative performance of Guinea keets managed under 2 brooding systems in the Tolon district of Northern region of Ghana. UDS Inter. J. Dev. 4:42-44.

Nagalo, M. 1984. Contribution à l'étude du parasitisme chez la pintade commune (*Numida meleagris*) en Haute Volta, les helminthes parasites du tube digestif. Vet. Diss. Dakar, Senegal.

Obun, C. O. 2004. Hatching and brooding of guinea fowl (*Numida meleagris galeata pellas*) egg using local hen. Global J. Agric. Sci. 3:75-77.

Saina, H., N. T. Kusina, J. F. Kusina, E. Bhebhe, and S. Lebel. 2005. Guinea fowl production by indigenous farmers in Zimbabwe. Livestock Res. Rural Dev. 17 (suppl. 9). Accessed Oct. 2017. http://www.lrrd.org/lrrd17/9/sain17101.htm.

Salganik, M. J., and D. D. Heckathorn. 2004. Sampling and estimation in hidden populations using respondent-driven sampling. Sociol. Methodol. 1:193-240.

Sanfo, R., H. Boly, L. Sawadogo, and O. Brian. 2009. Performances de production de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système de conduite amélioré dans le plateau centre du Burkina Faso. Rev. Afric. Santé Prod. Anim. 7:115-121.

Sanfo, R., H. Boly, L. Sawadogo, and B. Ogle. 2007. Caractéristiques de l'élevage villageois de la pintade locale (*Numida meleagris*) au centre du Burkina Faso. Tropicultura 1:31-36.

Speybroeck, N., D. Berkvens, A. Mfoukou-Ntsakala, M. Aerts, N. Hens, G. Van Huylenbroeck, and E. Thys. 2004. Classification trees versus multinomial models in the analysis of urban farming systems in Central Africa. Agric. Syst. 80:133-149.

Yabuku, A., I. S. Musa-Azaro, and H. S. Haruma. 2014. Village guinea fowl (*Numida meleagris*) production systems in Nasarawa Stete, noth central Nigeria: flock characteristics, husbandry and productivity. Livestock Res. Rural Dev. 26. accessed Oct. 2017. http://www.lrrd.org/lrrd26/3/yaku26041.htm.

Zvakare, P., P. H. Mugabe, and T. Mutibvu. 2018. Guinea fowl (*Numidia meleagris*) production by small-holder farmers in Zimbabwe. Trop. Anim. Health Prod. 50:373-380.

L'élevage de pintades présente certaines faiblesses, dont une faible connaissance technique de la gestion des pintades et une capacité réduite d'incubation réussie. Par ailleurs, le manque de formation sur l'élevage des pintadeaux, le manque d'instructeurs en élevage de pintades et le manque d'aliments adéquats et bon marché adaptés à la pintade sont des faiblesses importantes qui entravent le développement de l'élevage des pintades.

Face à ces difficultés, certains éleveurs ont développé certaines compétences plus ou moins efficaces. Le développement durable de l'élevage de pintades doit tenir compte des connaissances empiriques des éleveurs ainsi que de l'objectif de leur production. Il nécessite également un plan de gestion de la santé. Le développement de cette activité d'élevage pourrait contribuer à l'autosuffisance alimentaire en protéines animales et à la lutte contre la pauvreté dans les zones rurales ivoiriennes.

Chapitre III :

ETUDE EXPERIMENTALE

Préambule

Les résultats de l'article de l'étude bibliographique confirmés par l'article de l'enquête montrent que trois souches de pintades (locales, Galor sélectionnées et hybrides issus de leur croissement) sont élevées en Côte d'Ivoire. Elle montre aussi que l'absence d'une alimentation adéquate et bon marché adaptée à la pintade et leur forte mortalité sont des faiblesses importantes qui causent la faible productivité de l'élevage de pintades entravant ainsi son développement. La faible productivité touche essentiellement les performances de croissance auxquelles s'ajoute le faible taux de survie des pintadeaux dans les élevages. Le mode d'élevage et d'alimentation observé semble être dû à la pauvreté des éleveurs et à l'indisponibilité et au coût élevé des matières premières importées comme le soja et le maïs. Cela nous amène à tester des ressources locales disponibles et bon marché en remplacement du soja dans l'alimentation des pintades. Pour cela, l'étude suivante a évalué l'effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa et de noix de cajou déclassées en remplacement partiel du soja, sur les performances et la qualité de la viande de deux souches de pintades (*Numida meleagris*) (pintades locales et pintades Galor sélectionnées) à la ferme expérimentale de l'INP-HB de Yamoussoukro afin de mieux cerner leurs valeurs alimentaire et nutritionnelle. Pour ce faire, des œufs de pintades blanches locales ont été collectés dans deux élevages suivis et mis en incubation pour s'assurer de la pureté de la souche indigène des pintadeaux locaux. Les pintadeaux issus de ces œufs et des pintadeaux Galor sélectionnés achetés chez un industriel local ont été utilisés pour l'étude expérimentale. Par ailleurs, les tourteaux expérimentaux ont été produits de façon artisanale sur le site de l'INP-HB.

Performance of guinea fowl fed hevea (Hevea brasiliensis) seed meal or cashew nut (Anacardium occidentale) meal as a partial substitute for soya bean meal in Africa

Ce travail a été accepté en juin 2019 par le journal Animal

G. A. Koné, M. Good and M. Kouba

Abstract

Guinea fowl production is increasing in developing countries and has a crucial role in the fight against poverty. However, the feed cost is very high, especially the soya bean meal cost, and farmers cannot afford to buy commercial feed. Consequently, animals do not receive feed adapted to their nutritional needs and they exhibit poor performance. The aim of this paper is to partially substitute soya bean meal by local by-products, discarded, in abundant supply and not used in human nutrition. French Galor guinea fowl (*Numida meleagris*) and local African guinea fowl (150 birds per breed) were reared for 16 weeks and fed the same starter diet for the initial 4 weeks. From 4 weeks of age, experimental birds from each breed were randomly assigned to three grower isoproteic and isolipidic dietary treatments, each containing five replications (floor pens); each replication included 10 birds of the same breed. The guinea fowl of each breed were fed either control grower diet using soya bean meal as the protein supplement GS, or trial grower diet GN (soya bean meal supplement partially substituted by 15% cashew nut (*Anacardium occidentale*) meal) or trial grower diet GH (soya bean meal supplement partially substituted by 15% hevea seed (*Hevea brasiliensis*) meal). The results indicated that hevea seed meal contained a high content of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) (21.2% of total fatty acids (FAs)). The use of hevea seed meal in guinea fowl grower diet was found to exert no adverse effect on growth performance and carcass yield. However, the use of cashew nut meal led to negative effects on performance like daily weight gain and feed conversion ratio. Therefore, cashew nut meal cannot be considered as a suitable partial substitute for soya bean meal in diets. The use of hevea seed meal led to a very low abdominal fat proportion and low blood triglyceride and cholesterol content. Additionally, inclusion of dietary hevea seed meal resulted in guinea fowl meat enriched in PUFAs, especially n-3 FAs, thereby significantly improving the nutritional value.

Keywords: poultry, nutrition, by-product, meat quality, polyunsaturated fatty acids

Implications

Soya bean meal is widely used as protein ingredient in poultry diets worldwide. We showed that the partial substitution of soya bean meal by hevea seed meal in guinea fowl diet could be advantageous in reducing production costs and decreasing soya bean meal import dependence, thereby enhancing sustainability of small farms in Asia and Africa, where rubber production is highly developed. However, we also showed that the use of cashew nut meal in guinea fowl diet led to negative effects on guinea fowl performance and therefore cashew nut meal cannot be considered as a suitable substitute for soya bean meal.

1. Introduction

Food security and the fight against poverty have become major concerns for most African countries. Poultry production is particularly important in the fight against poverty and in improvement of living conditions of rural African households (Kone and Danho, 2008). Guinea fowl is a poultry species, production of which is increasing in developing countries where there is an increasing demand for their meat (Yildirim, 2012). The increasing cost of feed ingredients, such as maize and soya bean meal, justifies the investigation of less-conventional alternative feed ingredients. With 3% of the world's rubber production in the Ivory Coast hevea seeds (*Hevea brasiliensis*), which are usually discarded, are in abundant supply (Ducroquet et al., 2017). The Ivory Coast is also the biggest producer of cashew nuts (*Anacardium occidentale*) in the world (Ducroquet et al., 2017). Broken cashew nuts are not exported, and the Ivorian demand is low; thus, they are readily available at a very low cost. The accessibility at relatively low cost of both hevea seeds and non-exportable cashew nuts in the Ivory Coast makes them potential energy and protein sources for guinea fowl diet. The aim of this research was (1) to evaluate the effect of dietary hevea seed or cashew nut meal supplements on growth performance and carcass characteristics of local or French Galor guinea fowl and (2) to evaluate the effect of hevea seed or cashew nut meal dietary supplement on breast meat quality.

2. Materials and methods

2.1. Experimental site situation

The study was conducted from July to October 2017, at the National Polytechnic Institute Félix Houphouët-Boigny of Yamoussoukro (INP-HB), Ivory Coast, in collaboration with the National Institute for Agronomic Research (INRA), France.

2.2. Diets

The diets for the study were manufactured at the Animal Science Laboratory of INP-HB, Yamoussoukro, Ivory Coast. Meals were prepared from sun-heated decorticated hevea seeds or broken cashew nuts, by using a screw press to extract the maximum of oil. The hevea seed meal was additionally sun-dried for 5 days and heated with wood fire for 30 min to reduce the cyanide content. The diets comprised a starter diet (sD), fed to all birds for the first 4 weeks of age, and three grower diets,

Table III.1.: Ingredient and chemical composition of experimental diets for guinea fowl

Periods	Starter	Grower		
Diets[1]	sD	GS	GH	GN
Ingredients (g/kg)				
Shell	0.7	3	5	1
Fish flour	170	100	100	100
Maize	525.0	590.7	528.7	547.7
Wheat middlings	50	120	120	120
Cashew nut seed meal	-	-		150
Hevea seed meal	-	-	150	-
Soya bean meal	250	182	92	77
Salt	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline chloride	1.0	1.0	1.0	1.0
L-Lysine HCL	2.0	2.0	2.0	2.0
DL-methionine	1.5	1.5	1.5	1.5
Theonine	0.5	0.5	0.5	0.5
Dicalcium phosphate	11	11	11	11
Vitamin-mineral premix[a]	2.5	2.5	2.5	2.5
Analyses (%)[b]				
DM	85.7	88.5	89	89.9
CP	25.1	22.4	22.1	22.2
Lipid	2.8	2.7	2.5	3
Ash	9.1	8	6.6	6.7
Crude fiber	4.1	3.6	3.3	3.6
Starch	35.2	25.3	25.3	43.3
Hydrogen cyanide (µg/kg)	-	-	24.9	_
FA (% of total FA)				
SFA	-	27.3	25.6	18.9
MUFA	-	28.3	34.9	54.7
PUFA	-	44.4	39.6	26.4
n-6	-	37.7	31.2	23.9
n-3	-	6.7	8.4	2.4
18:2n-6/18:3n-3	-	11.4	4.4	19.5
PUFA/ SFA	-	1.7	1.6	1.4
n-6/n-3	-	5.6	3.7	9.8
Calculations				
ME[c] (in MJ/kg)	12.1	12.2	12.5	13.1
Calcium (%)	1.3	0.9	0.9	0.9
Available phosphorus (%)	1	0.7	0.7	0.7
Sodium (%)	0.2	0.2	0.2	0.2
Calcium to Phosphore ratio	1.3	1.2	1.2	1.2

sD = starter diet; GS = control grower diet with soya beanmeal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; FA = fatty acid; SFA = sum of saturated fatty acids; MUFA = sum of monounsaturated fatty acids; PUFA = sum of polyunsaturated fatty acids; ME = metabolizable energy; n-6/n-3 = sum of n-6 fatty acids/ sum of n-3 fatty acids ratio; PUFA/ SFA ratio = 18 : 2n-6 + 18 : 3n-3/14 : 0 + 16 : 0 + 18 : 0 (Kouba et al., 2003).

[a] Supplied per kilogramme of diet = vitamin A 12 500 IU; vitamin D_3 2500 IU; vitamin E 37 mg; vitamin K_3 4 mg; vitamin B_1 2 mg; vitamin B_2 8 mg; vitamin B_6 4 mg; vitamin B_{12} 0.04 mg; biotin 0.12 mg; folic acid 2 mg; niacin 37 mg; Co 1.2 mg; Cu 8 mg; Fe 60 mg; I 1 mg; Mn 74 mg; Se 0.6 mg; Zn 75 mg; antioxidant 150 mg; endo-1.4-beta-xylanase 100 U/kg; 6 phytase 1500 U/kg.

[b] Values are the means of three analyses per sample.

[c] Metabolizable energy calculated according to Fisher and McNab method, ME (MJ/kg) = (0.155 × CP) + (0.343 × Fat) + (0.167 × Starch) + (0.130 × Sugar) (Fisher and McNab, 1987).

fed for the 12 weeks of the trial. The grower diets used the same constituents excepting that the control grower diet (GS) used soya bean meal exclusively as the protein supplement. The two trial experimental diets substituted 15% hevea seed meal, diet GH, or 15% broken cashew nut meal, diet GN, for a portion of the soya bean meal protein supplement used for diet GS so that all three grower diets (GS, GH and GN) were isoproteic and isolipidic (Table III.1.).

2.3. Animals

In total, 300 female guinea fowl from local (150 birds) or French selected breed (Galor animals, 150 birds) received a sD from 1 day to 4 weeks of age. At 4 weeks of age, these guinea fowl were randomly assigned to 15 m2 floor pens with a deep layer of wood-chip litter, with 10 birds per pen, where they remained for the following 12 weeks, that is, to 16 weeks of age. Guinea fowl of each breed received each of the three grower diets (5 replicates of 10 birds per replicate for each diet) with birds randomly fed either the control diet GS or trial diet GH or trial diet GN. Transition from starter to grower diet was made over a 3-day period for each replicate. The birds received their respective mash diets and water *ad libitum* throughout the study. The birds were slaughtered at 16 weeks of age.

2.4. Animal performance

Health status and mortality were monitored daily throughout the 12-week experimental period. Dead birds, during the first 2 weeks of the experimental period, were replaced by spare guinea fowl of the same age/breed previously fed the same diet sD.

Pen BW of the animals was measured at the start and every 2 weeks during the trial period. Pen feed intake was measured daily throughout the period. The daily weight gain, the daily feed intake and the feed to gain ratio were calculated. At the end of the trial, blood samples were collected from eight fasting birds (after a 24-h period of withdrawal) per pen for biochemical analyses (40 animals per dietary treatment per breed). Plasma was separated by centrifugation at 2000×g for 15 min at 4°C, and then frozen at −20°C until further analyses.

2.5. Carcass composition and sample collection

The birds were fasted, stunned, slaughtered, scalded (water at 60°C), feathers manually removed, legs severed at the ankle joint, head separated at the skull-atlas junction and then eviscerated. The internal organs were isolated and the abdominal fat separated from the viscera. The carcasses were weighed and then cut according to the method described by Ricard et al. (1967). The various cuts (breast (including bone and the two pectoral muscles), the whole thighs and the wings) and the abdominal fat were weighed. Samples of abdominal fat and breast muscle (major pectoralis) were collected for analysis and these samples together with the remains of the breast, the abdominal fat and the other cuts (thighs and wings) were frozen at −20°C.

2.6. Chemical Analyses

Samples of feed and breast muscle were analysed for DM, ash and CP (N × 6.25) content. Starch content was also determined for each diet, according to Association of Official Analytical Chemists (2004). Total fibre contents were determined in the diets using Fibertec System 1021 Cold extractor (Saint André de Cubzac, France). Dietary hydrogen cyanide content was analysed in diet GH, according to the procedure of Deniges (1893).

Glucose, triglycerides, total cholesterol (TC), high-density lipoprotein cholesterol (HDLC) and low-density lipoprotein cholesterol (LDLC)were quantified in plasma using commercial kits (Giesse Diagnostics SRL, Guidonia Montecelio, Italy) according to a colorimetric method. Lipids were extracted from samples of each diet, hevea and cashew nut meals and breast muscle, by the chloroform/methanol procedure of Folch et al. (1957). The fatty acid (FA) profiles were analysed for each grower diet and cashew nut and hevea seed meals. Fatty acid composition was measured after methylation of samples. Fatty acid methyl esters were prepared with brome trifluoride methanol according to Morrison and Smith (1964) and analysed on an Agilent Technologies 6890 N Gaz chromatograph (Bios Analytic, Toulouse, France), with an internal standard (C21:0, Sigma-Aldrich, Saint-Quentin-Fallavier, France) used to quantify FAs (g/100 g of total FAs).

Nutritional quality of lipids was described by the polyunsaturated fatty acids (PUFAs)/saturated fatty acids (SFAs) ratio expressed as:18: 2n-6 + 18: 3n-3/14 :0 + 16:0 + 18:0 (Kouba et al., 2003). The 18 : 2n-6/18 : 3n-3 ratio is relevant to the competition for synthesis of longer-chain PUFA. Because this ratio ignores the

existence of longer-chain PUFA in the meat, the results were also expressed as sum of n-6 PUFA/sum of n-3 PUFA.

Amino acids (AAs) from hevea seed meal or cashew nut meal were released by acid hydrolysis for 23 h at 110°C under reflux (AFNOR, 1998). Total methionine and cysteine were hydrolysed after oxidation by performic acid. Total AA contents in the meals were analysed by ion exchange chromatography and ninhydrin derivatization (JLC-500/V AminoTac Amino Acid Analyzer; Jeol, Croissy-sur-Seine, France; method NF EN ISO 13903:2005). Total tryptophan was analysed by HPLC with a fluorescence detector (RF 10AXL; Shimadzu, Bonneuil sur Marne, France) after an alkaline hydrolysis with barium hydroxide.

2.7. Statistical analysis

Data were analysed by the ANOVA option of the generalized linear model (GLM) of R 3.4.2 software (Copyright © 2016, R Foundation for Statistical Computing Platform) as a 3 × 2 factorial arrangement of treatments with diet and breed as main effects. The statistical model used was $Y_{ijkl} = \mu + D_i + S_j + (DS)_{ij} + R_{ijk} + \gamma_{ijkl}$, where Y_{ijkl} = response variables from each individual replication or pen; μ = the overall mean; D_i = the effect of diet; S_j = the effect of breed; $(DS)_{ij}$ = the effectdueto interactions between diet and breed; R_{ijk} = the interexperimental unit (replications) error term; and γ_{ijkl} = the intra-experimental unit error term. Two-way interactions between diet and breed were not significant ($P > 0.05$), thus, data were analysed for main effects. The statistics models used were (1) $Y_{iik} = \mu + D_i + R_{ij} + \gamma_{ijk}$, where Y_{ijk} = response variables from each individual replication or pen, μ = the overall mean; D_i = the effect of diet; R_{ij} = the inter-experimental unit (replications) error term; and γ_{ijk} = the intra-experimental unit error term, and (2) $Y_{ijk} = \mu + S_j + R_{ij} + \gamma_{ijk}$, where Y_{ijk} = response variables from each individual replication or pen, μ = the overall mean; S_j = the effect of breed; R_{ij} = the inter-experimental unit (replications) error term; and γ_{ijk} = the intra-experimental unit error term. Least significant difference comparisons were made between treatment means for main effects when there was a significant F value. Differences in mortality among diets and breeds were analysed using the χ^2 method. Significance implies $P < 0.05$, unless stated otherwise.

Table III.2.: Fatty acid profiles (% of total FA) and AA profiles (g/100 g of protein) of hevea seed meal and cashew nut meal used in guinea fowl diet

Item	Hevea seed meal	Cashew nut meal
DM	91.8	92.3
CP (% of DM)	22.7	32.1
Total FA (% of DM)	33.7	29.9
Total AA (g/100g protein)	93.4	75.6
FA (% of total FA)		
SFA	16.2	16.5
MUFA	25.5	63.7
PUFA	58.3	19.8
n-6	37.1	19.4
n-3	21.2	0.4
PUFA/SFA	3.7	1.2
18:2n-6/18:3n-3	1.7	64.4
n-6/n-3	1.7	51.0
Essential AAs[a] (g/100 gr protein)		
Arginine	12.0	8.2
Histidine	2.1	1.7
Isoleucine	3.2	3.3
Leucine	5.9	5.6
Lysine	2.9	2.9
Methionine	2.1	1.3
Phenylalanine	3.8	3.5
Serine	4.5	3.9
Threonine	2.7	2.4
Tryptophan	1.3	1.2
Valine	7.7	4.7
Total	48.2	38.7
Non-essential AAs (g/100 gr protein)		
Alanine	5.0	3.2
Aspartic acid	11.1	7.2
Cysteine	2.0	1.4
Glutamic acid	14.4	15.9
Glycine	4.3	3.6
Proline	5.6	3.1
Tyrosine	2.8	2.5
Total	45.2	36.9

SFA = saturated fatty acid; AA = amino acid; MUFA = sum of monounsaturated fatty acids; PUFA = sum of polyunsaturated fatty acids; n-6/n-3 = sum of n-6 FAs/sum of n-3 FAs ratio; PUFA/ SFA ratio = 18 : 2n-6 + 18 : 3n-3/ 14 : 0 + 16 : 0 + 18 : 0 (Kouba et al., 2003).

[a] Essential amino acids = essential amino acids for chickens according to Quentin et al. (2004).

3. Results

3.1. Composition of cashew and hevea seed meals

The DM proportion of hevea seed and cashew nut meals was similar; however, the cashew nut meal exhibited a much higher content of protein than the hevea seed meal (32.1% v. 22.7% of DM, respectively) (Table III.2.). The hydrogen cyanide content of the diet GH was very low following sun drying and heating of the decorticated hevea seeds. Hevea seed meal was very rich in PUFA among which n-3 FAs represented more than 20% of the total FAs and therefore diet GH presented a high n-3 PUFA content. Cashew nut meal was rich in monounsaturated fatty acids (MUFA). Consequently, the MUFA proportion was very high in diet GN (Table III.1.).

The quantity of AAs was much higher in hevea seed meal than in cashew nut meal (93.4 v. 75.6 g for 100 g of protein, respectively) (Table III.2.). The AA profiles were similar in both meals; they exhibited very high contents of glutamic acid, arginine and aspartic acid.

3.2. Animal performance

During the starting period (4 first weeks), Galor guinea fowl were heavier than the local birds and Galor guinea fowl exhibited a significantly higher feed intake and daily weight gain than the local animals (Table III.3.). The breed had no effect on the feed to gain ratio in the pre-experimental period. The final weight of 16-week-old guinea fowl was higher for Galor guinea fowl than for the local animals. There was no significant effect on the feed intake whatever the diet and the breed during the growing period and the overall period. During the overall period, the GH diet led to a daily weight gain and a feed to gain ratio not significantly different from the control GS. The diet GN led to the lowest daily weight gain and the highest feed to gain ratio, compared to the other diets, during the growing period and the overall period. Mortality was higher in local than in Galor guinea fowl, whatever the age period.

Table III.3.: Performance of guinea fowl (Galor or local breeds) fed the experimental diets

Parameter	Diet				Breed			*P*		
	sD (300)				Local (150)	Galor (150)	SEM	Breed		
Starting period (0 to 4 weeks)										
IBW (g)	29.4				26.6^{a}	31.7^{b}	0.2	$3.4e^{-07}$		
4BW (g)	163.5				157^{a}	187.9^{b}	2.5	$6.1e^{-03}$		
DFI ($g.j^{-1}$)	13.9				13^{a}	16.3^{b}	0.3	$2.1e^{-03}$		
DWG ($g.j^{-1}$)	4.8				4.5^{a}	5.5^{b}	0.1	$1.6e^{-02}$		
FCR	2.9				2.8	2.9	0.1	0.4		
Mortality (%)	2.1				3	1.5	1.3	0.4		
	GS (100)	GH (100)	GN (100)	SEM	Local (150)	Galor (150)	SEM	Diet	Breed	Diet x Breed
Growing period (5 to 16 weeks)										
DFI ($g.j^{-1}$)	77.9	80.8	84.1	2.7	77.3	82.1	1.9	0.2	0.1	0.3 (NS)
DWG ($g.j^{-1}$)	12.3^{a}	12.1^{a}	10.1^{b}	0.3	10.4^{a}	13.6^{b}	0.2	$3.1e^{-02}$	$1.8e^{-05}$	0.8 (NS)
FCR	6.4^{a}	6.8^{a}	8.7^{b}	0.4	7.7^{a}	6.1^{b}	0.3	$2e^{-03}$	$1.2e^{-02}$	0.1 (NS)
Mortality (%)	1.4	1.4	1.4	1.4	2.8^{a}	0.0^{b}	0.8	1.0	$1.2e^{-02}$	1.0 (NS)
Overall period (0 to 16 weeks)										
FBW (kg)	1.2^{a}	1.2^{a}	1.0^{b}	0.1	1.0^{a}	1.3^{b}	0.1	$3.7e^{-02}$	$1.2e^{-05}$	0.8 (NS)
DFI ($g.j^{-1}$)	61.9	64.1	66.5	2.1	61.2	65.5	1.5	0.3	0.1	0.3 (NS)
DWG ($g.j^{-1}$)	10.4^{a}	10.3^{a}	8.7^{b}	0.2	8.9^{a}	11.6^{b}	0.1	$3.3e^{-02}$	$1.5e^{-05}$	0.8 (NS)
FCR	6^{a}	6.3^{a}	7.9^{b}	0.4	7.0^{a}	5.7^{b}	0.3	$2e^{-03}$	$1.2e^{-02}$	0.1 (NS)
Mortality (%)	3.5	4.2	4.2	2.0	5.8^{a}	1.5^{b}	0.8	1.0	$1.5e^{-03}$	1.0 (NS)

sD = starter diet; GS = control grower diet with soya bean meal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; IBW = initial live body weight; 4BW = live body weight at 4 weeks of age; FBW = final live body weight at 16 weeks of age; DFI = daily feed intake; DWG = daily weight gain; FCR = feed to gain ratio; ( ) = Number of animals in brackets; NS = not significant difference ($P > 0.05$).

[a,b] Parameter means within rows of diet or breed with no common superscript differ ($P < 0.05$).

3.3. Carcass characteristics

The eviscerated carcass weight was higher in Galor than in local guinea fowl, this weight being the lowest with diet GN (Table III.4.). The carcass yield, higher in Galor than in local guinea fowl, was not affected by the diet, whatever the breed, and the proportions of the different cuts (breast, thighs and wings) were not affected by the diet or the breed. The animals fed the diet GH exhibited the lowest abdominal fat proportion (0.9%) compared to the other diets, the proportion being higher for the diets GS and GN (respectively 1.5% and 1.4%). There was no effect of the dietary treatment or the breed on the chemical composition of breast muscle (Table III.5.).

3.4. Blood biochemistry

The lowest serum TC concentration was observed with diet GH with a decrease in the TC content of, respectively, 26% and 28% compared to diets GS and GN (Table III.6.). Diet GH also showed a threefold decrease in the serum LDLC concentration and a twofold decrease in triglyceride concentration, compared to the control diet GS. There was no diet effect on the serum concentrations of HDLC and glucose. Ratios LDL/ HDL and TC/HDL of guinea fowl fed the diet GH were significantly lower than the ratios with the other diets. There was no breed effect on the concentrations of the different serum components.

Table III.4.: Carcass weight and yield, cuts and abdominal fat proportions of 16-week-old guinea fowl (Galor or local breeds) fed experimental diets from 4 weeks of age

Parameter	Diet			SEM	Breed		SEM	*P*		
	GS (100)	GH (100)	GN (100)		Local (150)	Galor (150)		Diet	Breed	Diet x Breed
Carcass weight (g)	950[a]	942[a]	789[b]	23.5	786[a]	1037[b]	16.6	0.1	$2.5e^{-06}$	0.5 (NS)
Carcass yield (%)	79.2	78.5	78.6	0.4	78.6[a]	79.8[b]	0.3	0.1	$2.9e^{-02}$	0.2 (NS)
Cuts and tissues (% of carcass weight)										
Breast	32.3	31.6	31.6	0.3	31.8	32.3	0.2	0.1	0.1	0.9 (NS)
Legs	28.5	28.7	28.8	0.3	28.8	28.5	0.2	0.9	0.5	0.2 (NS)
Wings	13.4	14.1	14.3	0.3	13.9	13.8	0.2	0.1	0.7	0.2 (NS)
Abdominal fat	1.5[a]	0.9[b]	1.4[a]	0.1	1.2	1.6	0.1	$3.7e^{-03}$	0.1	0.4 (NS)

GS = control grower diet with soya bean meal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; Breast = includes bone and 2 breast muscles; ( ) = Number of animals in brackets; NS = not significant difference ($P > 0.05$).

[a,b] Parameter means within rows of diet or breed with no common superscript differ ($P < 0.05$).

Table III.5.: Chemical composition of breast muscle (pectoralis major) of 16-week-old guinea fowl (Galor or local breeds) fed experimental diets from 4 weeks of age

Parameter (g/100g muscle)	Diet			SEM	Breed		SEM	*P*		
	GS (100)	GH (100)	GN (100)		Local (150)	Galor (150)		Diet	Breed	Diet x Breed
DM	27.2	28.3	27.1	1.2	27.0	28.2	0.5	0.7	0.1	0.4 (NS)
Lipids	1.4	1.3	1.3	0.1	1.4	1.3	0.1	0.8	0.3	0.1 (NS)
Proteins	24.6	25.5	24.6	1.2	24.3	25.6	0.5	0.8	0.1	0.2 (NS)
Ashes	1.2	1.4	1.2	0.2	1.2	1.0	1.0	0.6	0.7	0.3 (NS)

GS = control grower diet with soya bean meal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; ( ) = Number of animals in brackets; NS = not significant difference (P > 0.05).

Table III.6.: Blood parameters of 16-week-old guinea fowl (Galor or local breeds) fed experimental diets from 4 weeks of age

Parameter	Diet			SEM	Breed		SEM	*P*		
	GS (80)	GH (80)	GN (80)		Local (120)	Galor (120)		Diet	Breed	Diet x Breed
Blood components (mg/dl)										
Glucose	221.3	235.1	218.2	7.2	223.1	219	5.1	0.1	0.6	0.6 (NS)
Triglyceride	54.7^{a}	27.2^{b}	51.8^{a}	4.3	49.8	40.3	3.0	$2.2e^{-03}$	0.1	0.4 (NS)
TC	143.8^{a}	105.8^{b}	149.2^{a}	5.3	135.8	143.9	3.7	$2e^{-05}$	0.2	0.7 (NS)
HDLC	81	85.2	89.7	5.2	83.9	90.9	3.7	0.3	0.1	0.1 (NS)
LDLC	52.6^{a}	17.5^{b}	49.7^{a}	3.8	43.5	44.3	2.7	$1.4e^{-06}$	0.9	0.1 (NS)
LDLC/HDLC	0.7^{a}	0.2^{b}	0.6^{a}	0.1	0.5	0.5	0.1	3.8^{e-05}	0.9	0.1 (NS)
TC/HDLC	1.8^{a}	1.3^{b}	1.7^{a}	0.1	1.6	1.6	0.1	2.5^{e-05}	0.9	0.1 (NS)

GS = control grower diet with soya bean meal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; HDLC = high-density lipoprotein cholesterol; LDLC = low-density lipoprotein cholesterol; TC = total cholesterol; ( ) = Number of animals in brackets; NS = not significant difference (P > 0.05).

^{a,b} Parameter means within rows of diet or breed with no common superscript differ (P < 0.05).

Table III.7.: Effect of dietary and breed on the FA composition (% of total FA) of breast meat (pectoralis major) from 16-week-old guinea fowl fed experimental diets from 4 weeks of age

Item	Diet			SEM	Breed		SEM	*P*		
	GS (100)	GH (100)	GN (100)		Local (150)	Galor (150)		Diet	Breed	Diet x Breed
C14:0	0.8^{a}	0.6^{b}	0.6^{b}	0.1	0.6	0.6	0.1	2.18e^{-02}	0.9	0.8 (NS)
C16:0	22.2^{a}	18.4^{b}	18.7^{b}	1.1	20.3	21.6	1.0	1.7e^{-03}	0.4	0.5 (NS)
C16:1n-7	1.9	0.9	1.2	0.4	1.0 ^{a}	2.3 ^{b}	0.3	0.1	6.2e^{-03}	0.9 (NS)
C18:0	15.8	15.9	15.0	0.8	16.0	15.1	0.5	0.9	0.2	0.9 (NS)
C18:1n-9	19.5^{a}	19.6^{a}	26.7^{b}	1.2	22.0	23.1	1.3	7.7e^{-04}	0.5	0.9 (NS)
C18:2n-6	19.7	21.5	20.0	1.1	21.2^{a}	18.6^{b}	0.7	0.2	1.7e^{-02}	0.2 (NS)
C18:3n-3	0.8^{a}	2.4^{b}	0.9^{a}	0.2	1.1	1.3	0.3	9.4e^{-05}	0.6	0.8 (NS)
C20:1n-9	0.3	0.3	0.4	0.1	0.3^{a}	0.3^{b}	0.1	0.1	3.3e^{-02}	0.3 (NS)
C20:4n-6	7.0	7.1	6.1	0.7	6.7	6.2	0.5	0.5	0.4	0.8 (NS)
C20:5n-3	0.8^{a}	1.3^{b}	0.9^{a}	0.2	0.7	0.9	0.2	4.0e^{-03}	0.3	0.4 (NS)
C22:4n-6	0.7	0.5	0.4	0.2	0.7	0.5	0.1	0.1	0.3	0.6 (NS)
C22:5n-3	1.0^{ab}	1.3^{a}	0.8^{b}	0.1	0.9	0.9	0.1	4.4e^{-04}	0.7	0.8 (NS)
C22:6n-3	4.1^{b}	5.1^{a}	3.7^{b}	0.5	1.8	2.1	0.6	1.9e^{-04}	0.5	0.8 (NS)
SFA	39.4^{a}	35.5^{b}	34.9^{b}	0.9	37.6	37.8	1.0	3.9e^{-04}	0.9	0.2 (NS)
MUFA	24.0^{a}	23.1^{a}	30.4^{b}	1.6	25.6	28.0	1.4	6.2e^{-03}	0.2	0.9 (NS)
PUFA	36.5^{a}	41.4^{b}	34.7^{a}	2.15	36.8	34.2	1.9	6.3e^{-03}	0.3	0.7 (NS)
n-6	28.7	30.0	27.4	1.5	29.7^{a}	26.0^{b}	1.00	0.3	2.6e^{-02}	0.5 (NS)
n-3	7.1^{a}	10.8^{b}	6.7^{a}	0.9	6.4	7.2	1.1	9.6e^{-05}	0.6	0.7 (NS)
PUFA /SFA	0.5^{a}	0.7^{b}	0.6^{ab}	0.1	0.6	0.5	0.1	1.2e^{-02}	0.2	0.3 (NS)
18:2n-6 /18:3n-3	24.7^{a}	9.0^{b}	22.5^{a}	3.9	19.4	14.6	2.9	2.1e^{-04}	0.3	0.2 (NS)
n-6 /n-3	4.0^{a}	2.8^{b}	4.1^{a}	0.6	4.6	3.6	0.9	3.9e^{-07}	0.4	0.6 (NS)

FA = fatty acid; GS = control grower diet with soya bean meal as sole protein supplement; GH = trial grower hevea seed meal supplemented diet; GN = trial grower cashew nut seed meal supplemented diet; NS = not significant difference (P > 0.05); SFA = sum of saturated fatty acids; MUFA = sum of monounsaturated fatty acids; PUFA = sum of polyunsaturated fatty acids; n-6/n-3 = sum of n-6 FAs/sum of n-3 FAs ratio; PUFA/ SFA ratio = 18 : 2n-6 + 18 : 3n-3/14 : 0 + 16 : 0 + 18 : 0 (Kouba et al., 2003); ( ) = Number of animals in brackets.

^{a,b} Parameter means within rows of diet or breed with no common superscript differ (P < 0.05).

3.5. Fatty acid profiles of breast muscle

The SFA percentages were the highest in muscle of birds fed diet GS (39.4%) and much lower with diets GH and GN (35.5% and 34.9%, respectively) (Table III.7.). The proportions of MUFA (oleic acid representing more than 80% of total MUFA for all the diets) were the lowest in the breast muscle of guinea fowl fed diet GS or GH (24.0% and 23.1%, respectively), and the highest with diet GN (30.4%). The percentage of total PUFA was the highest with diet GH. The only effect on proportion of n-6 PUFA was a breed effect, the local birds exhibiting a higher proportion of n-6 PUFA in their muscle than the French guinea fowl. Muscle of birds fed diet GH exhibited 1.5 and 1.6 times more total n-3 PUFA percentage than muscle from birds fed, respectively, diets GS and GN. This much higher proportion of n-3 PUFA in the muscle of diet GH fed birds was observed for all the n-3 PUFA, the precursor linolenic acid C18 : 3n-3 as well as the long-chain n-3 PUFA. The PUFA/SFA ratio was the highest in breast muscle of birds fed diets GH or GN. The ratios n-6/n-3 and C18 : 2n-6/C18 : 3n-3 were the lowest in muscle of birds fed diet GH (respectively 2.8 and 9). The ratios n-6/n-3 and C18 : 2n-6/C18 : 3n-3 obtained in the muscle of guinea fowl fed diets GS and GN were higher (respectively 4.0 and 4.1 for the n-6/n-3 ratio and 24.7 and 22.5 for the C18 : 2n-6/C18 : 3n-3 ratio).

4. Discussion

To our knowledge, the inclusion of hevea seed and cashew nut meals in diets of guinea fowl has not been previously reported. The cyanide content of diet GH is very low compared to soya bean meal. We found a concentration of 24.9 µg/kg feed by the incorporation of 15% hevea seed meal, and according to Honig et al. (1983), the cyanide hydrogen content of soya bean meal is 0.07 to 0.3 µg/g of product. The incorporation of 15% of soya bean meal would lead to a huge amount of cyanide hydrogen in the diet in comparison with diet GH. However, soya bean meal is used worldwide since decades without any negative effect on animal health. The protein content of hevea seed meal was similar to the results of Oyewusi et al. (2007), while protein content of cashew nut meal was higher than results of Aremu et al. (2006). Hevea seed and cashew nut meals had much lower protein contents than soya bean meals (Banaszkiewicz, 2011). The high proportion of n-3 PUFA in hevea seed meal was similar to the results of Achinewhu (1986).

In our study, guinea fowl mortality was low. The 16-week-old guinea fowl BW of the Galor breed was similar to the weight of the guinea fowl of similar genetics in the studies of Tjetjoo et al. (2013) in Botswana but with amuch better feed to gain ratio. The BW from 16-week-old local breed guinea fowl was much higher than the BW reported from Burkina Faso (Ouattara et al., 2016). However, in the present study, the overall feed to gain ratio, for local 16-week-old guinea fowl, was higher than the results of Yamak et al. (2018).

The carcass yield was lower for local than for Galor guinea fowl. These different yields according to the guinea fowl breed concurred with studies undertaken on chickens with different genotypes (Batkowska et al., 2015), which showed different carcass yields according to the genotype. The carcass yield of local guinea fowl was much higher than that observed by Nobo et al. (2012) and Yamak et al. (2018), but was similar to that obtained in Benin by Houndonougbo et al. (2013). The proportions of all cuts (breast, thighs and wings) were similar to the results of Yamak et al. (2018). The content of DM, lipids and proteins in breast muscles of guinea fowl from our study were lower than those obtained in 16-week-old guinea fowl studied in India (Premavalli et al., 2015).

In monogastric animals, the composition of FAs stored in adipose tissue or muscle largely reflects that of the ingested lipids (Kouba and Mourot, 2011). Nutritionists recommend an increase in n-3 PUFA intake, because the human diet is very low in n-3 PUFA, whatever the country (Stark et al., 2016). Indeed, studies conducted with animals and humans suggested that increasing n-3 PUFA intake reduced coronary heart disease, because n-3 FAs decreased serum triglyceride and cholesterol contents (Conquer and Holub, 1998). Similar observations were also made in our study on blood of guinea fowl fed diet GH, where serum triglyceride, LDL and cholesterol contents were decreased. That could be due to the high content of n-3 PUFA in hevea seed meal, and therefore to the high content of n-3 PUFA in diet GH. There are two possible explanations for the decrease in plasma LDLC and total triglyceride proportion induced by feeding PUFA. One theory proposes an increased beta-oxidation that reduces the quantity of free FAs available for triglyceride synthesis and consequently triglyceride synthesis is reduced, and the other theory proposes a decreased hepatic FA synthesis with decrease in hepatic lipogenic enzyme activities. Both reactions may occur at the same time, with the result of a decrease in very-low-density lipoprotein (VLDL) and LDL production. Another consequence of the reduction of VLDL and LDL production is the decrease in TC concentration.

The abdominal fat content of guinea fowl was significantly reduced with diet GH (rich in n-3 FAs). However, in this study the abdominal fat proportion for both local and Galor 16-weekold guinea fowls was higher than that found by Nahashon et al. (2009) for Galor guinea fowl and by Yamak et al. (2018) for local guinea fowl of the same age. This strong decrease in the proportion of fat in chickens fed n-3 supplemented diets has already been demonstrated by (Ferrini et al., 2010; Ibrahim et al., 2018). The mechanism implicated was a reduction in fat deposits in existing adipocytes, due to a reduction of lipogenesis and/or an increased beta-oxidation that we discussed above (Todorcevic and Hodson, 2016).

In our study, diet GH was associated with a strong increase in n-3 PUFA proportion of guinea fowl muscle compared to the control diet GS whatever the breed. This increase was largely attributable to hevea seeds that are a source of n-3 PUFA (Salimon et al., 2012). The increase in n-3 PUFA proportion in the muscle of birds fed diet GH was due to an increase in all the n-3 PUFA proportions. The results were in general agreement with other studies showing that eicosapentaenoic acid (EPA), docosapentaenoic acid (DPA) and docosahexaenoic acid (DHA) proportions were increased when chickens received fish oil supplemented diets (Kouba and Mourot, 2011; Kalakuntla et al., 2017).

Concerns about excess SFA and a deficiency of n-3 PUFA in the human diet have led to recommendations that the ratio of C18 : 2n-6/C18 : 3n-3 in the diet should be lowered under 5 (ANSES, 2011). The diet GH produced a C18 : 2n-6/C18 : 3n-3 ratio in guinea fowl muscle of 9, which was much lower than the ratios observed with the other diets (24.7 and 22.5, respectively, for guinea fowl fed diet GS and GN). However, this ratio was still higher than the recommendations. Furthermore, feeding diet GH caused a large decrease in the n-6/n-3 ratios in muscle (2.8 v. 4.0 and 4.1, respectively, for guinea fowl fed diet GS or GN). This ratio in guinea fowl fed diet GH was better than that in chickens fed a mustard oil (Kalakuntla et al., 2017), or a sunflower and fish oil (3/1) (Ibrahim et al., 2018) supplemented diet.

In conclusion, French Galor guinea fowl exhibited good performance despite the high temperatures. Our trial demonstrated that hevea seed meal could be used in guinea fowl diets with no detrimental effects on the performance. However, the use of cashew nut meal led to negative effects on performance like daily weight gain and feed conversion ratio. Therefore, cashew nut meal cannot be considered as a suitable partial substitute of

soya bean meal in diets. Hevea seed meal, with a high content of essential AAs and n-3 PUFA, may be a potential supply source of these principal nutrients for animals and could replace a conventional protein source in guinea fowl diets, at a very low cost. Inclusion of the hevea seed meal in the diet led to a decreased abdominal fat proportion and plasma triglyceride and cholesterol contents and to a healthy n-3 enriched meat.

Acknowledgements

This study was financially supported by the Debt relief and Development Contract (2DC) between France and the Ivory Coast.

Declaration of interests

The authors declare that there are no conflicts of interests.

Ethics statement

The animals used were reared and slaughtered in compliance with regulations for the humane care and use of animals in research, according to EU directive 86/6096. (National Authorization to Experiment on alive animals n°3502 delivered by the French Minister of Agriculture).

Software and data repository resources

None of the data were deposited in an official repository.

References

Achinewhu SC 1986. Unconventional sources of food: chemical composition of rubber seed (Hevea brasiliensis). Food Chemistry 21, 17–25.

AFNOR 1998. Aliment des animaux-dosage des acides aminés. AFNOR XP V, 18–113.

ANSES 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. ANSES, Paris, France.

Aremu MO, Olonisakin A, Bako SA and Madu PC 2006. Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (Anarcadium occidentale) flour. Pakistan Journal of Nutrition 5, 328–333.

Association of Official Analytical Chemists 2004. Official methods of analysis, 15th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.

Banaszkiewicz T 2011. Nutritional value of soybean meal. In Soybean and nutrition (ed. H El-Shemy), pp. 1–21. Open Access Publisher, London, UK.

Batkowska J, Brodacki A, Zieba G, Horbanczuk JO and Lulaszewicz M 2015. Growth performance, carcass traits and physical properties of chicken meat as affected by genotype and production system. Archives Animal Breeding 58, 325–333.

Conquer JA and Holub BJ 1998. Effect of supplementation with different doses of DHA on the levels of circulating DHA as non-esterified fatty acid in subjects of Asian Indian background. Journal of Lipid Research 39, 286–292.

Deniges G 1893. Titration of cyanide with silver using potassium iodide as indicator. Comptes Rendus Hebdomadaires de Séance de l'Académie des Sciences, Paris 117, 1078–1081.

Ducroquet H, Tillie P, Louhichi K and Gomez-Y-Paloma S 2017. Les filières animales et végétales. In L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe (ed. JRC Science for Policy Report), pp. 54–71. Publications Office of the European Union,

Luxembourg, Europe. Ferrini, G., Manzanilla EG, Menoyo D, Esteve-Garcia E, Baucells MD and Barroeta AC 2010. Effects of dietary n-3 fatty acids in fat metabolism and thyroid hormone levels when compared to dietary saturated fatty acids in chickens. Livestock Science 131, 287–291.

Fisher C and McNab JM 1987. Techniques for determining the ME content of poultry feed. In Recent advances in animal nutrition (ed. W Haresign and DJA Cole), pp. 3–17. Butterworths, London, UK.

Folch J, Lees M and Sloane Stanley GH 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry 226, 497–509.

Honig DH, Hockbridge ME, Gould RM, and Rackis JJ 1983. Determination of cyanide in soybeans and soybean products. Journal of Food Chemistry 31, 272–275.

Houndonougbo PV, Houangni MSM, Houndonougbo FM, Chrysostome AAC, Beckers Y, Bindelle J and Gengler N 2013. Effet de la provenance et de la proportion des acides aminés (lysine et méthionine) sur les performances zooéconomiques de la pintade locale grise (*Numida meleagris*) élevée au Bénin. Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo) 15, 113–123.

Ibrahim D, El-Sayed R, Khater SI, Said EN and El-Mandraw SAM 2018. Changing dietary n-6:n-3 ratio using different oil sources affects performance, behavior, cytokines mRNA expression and meat fatty acid profile of broiler chickens. Animal Nutrition 4, 44–51.

Kalakuntla S, Nagireddy NK, Panda AK, Jatoth N, Thirunahari R and Vangoor RR 2017. Effect of dietary incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids rich oil sources on fatty acid profile, keeping quality and sensory attributes of broiler chicken meat. Animal Nutrition 3, 386–391.

Kone S and Danho T 2008. Côte d'Ivoire. In Revue du secteur avicole (ed. Division de la production et de la santé animales de la FAO), pp. 1–67. FAO, Rome, Italy.

Kouba M, Enser M, Whittington FM, Nute GR and Wood JD 2003. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. Journal of Animal Science 81, 1967–1979.

Kouba M and Mourot J 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. Biochimie 93, 13–17.

Morrison WR and Smith LM 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. Journal of Lipid Research 5, 600–608.

Nahashon SN, Adefope N, Amenyenu A, Tyrus J and Wright D 2009. The effect of floor density on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. Poultry Science 88, 2461–2467.

Nobo G, Moreki JC and Nsoso SJ 2012. Feed intake, body weight, average daily gain, feed conversion ratio and carcass characteristics of helmeted guinea fowl fed varying levels of phane meal (*Imbrasia belina*) as replacement of fishmeal under intensive system. International Journal of Poultry Science 11, 378–384.

Ouattara S, Bougouma-Yameogo VMC, Nianogo AJ and Savadogo B 2016. Influence de la substitution des grains de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (Vigna unguiculata) et du taux de protéines du régime sur les performances des pintadeaux de race locale au Burkina Faso. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux 69, 117–123.

Oyewusi PA, Akintayo ET and Olaofe O 2007. The proximate and amino acid composition of defatted rubber seed meal. Journal of Food Agriculture and Environment 5, 115–118.

Premavalli K, Ramamurthy N, Omprakash AV, Balakrishnan V, Rao VA, Natarajan A and Senthilkumar RP 2015. Influence of age on proximate composition of guinea fowl meat. Indian Veterinary Journal 92, 75–77.

Quentin M, Bouvarel I, Bastianelli D and Picard M 2004. Quels 'besoins' du poulet de chair en acides aminés essentiels? Une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratiques de modélisation. INRA Productions Animales 17, 19–34.

Ricard FH, Rouvier R, Marche G and Lafont F 1967. Etude de la composition anatomique du poulet. I- Variabilité de la répartition des différentes parties corporelles chez des coquelets «Bresse- Pile». Annales de Zootechnie 136, 23–39.

Salimon J, Abdullah BM and Salih N 2012. Rubber (Hevea brasiliensis) seed oil toxicity effect and Linamarin compound analysis. Lipids in Health and Disease 11, 1–8.

Stark KD, Van ElswykME, HigginsMR, Weatherford CA and SalemJr. N 2016. Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. Progress in Lipid Research 63, 132–152.

Tjetjoo SU, Moreki JC, Nsoso SJ and Madibela OR 2013. Growth performance of guinea fowl fed diets containing yellow maize, millet and white sorghum as energy sources and raised under intensive system. Pakistan Journal of Nutrition 12, 306–312.

TodorcevicM and Hodson L 2016. The effect of marine derived n-3 fatty acids on adipose tissue metabolism and function. Journal of Clinical Medicine 5, 3–27.

Yamak US, Sarica M, Boz MA and Ucar A 2018. Effect of production system (barn and free range) and slaughter age on some production traits of guinea fowl. Poultry Science 97, 47–53.

Yildirim A 2012. Nutrition of guinea fowl breeders: a review. Journal of Animal Sciences Advances 2, 188–193.

La pintade Galor française a affiché de bonnes performances malgré les températures élevées. Notre essai a démontré que le tourteau de graines d'hévéa pouvait être utilisé dans l'alimentation de la pintade sans effets néfastes sur la performance. Cependant, l'utilisation du tourteau de noix de cajou a eu des effets négatifs sur la performance comme le gain de poids quotidien et le taux de conversion alimentaire. Par conséquent, le tourteau de noix de cajou ne peut être considéré comme un substitut partiel approprié du tourteau de soja dans l'alimentation. Le tourteau de graines d'hévéa, riche en acides aminés essentiels et en acides gras polyinsaturés n-3, pourrait être une source potentielle de ces principaux nutriments pour les animaux et pourrait remplacer partiellement, à un coût très faible, le tourteau de soja dans l'alimentation de la pintade. L'inclusion du tourteau de graines d'hévéa dans le régime alimentaire a entraîné une diminution de la proportion de graisse abdominale et des teneurs en triglycérides et en cholestérol plasmatiques et la production d’une viande saine enrichie en oméga-3.

Chapitre IV :

ANALYSE SENSORIELLE

Préambule

Dans l'étude précédente, le tourteau de graines d'hévéa a été utilisés dans l'alimentation de la pintade sans effets négatif sur ses performances. C'est différent pour le tourteau de noix de cajou qui a un impact négatif sur les performances. Le tourteau d'amandes de graines d'hévéa, riche en acides aminés essentiels et en acides gras polyinsaturés n-3, a entraîné une diminution de la proportion de graisse abdominale et de la teneur en triglycérides et en cholestérol plasmatiques ainsi qu'une viande saine enrichie en oméga-3.

Des études sur la viande ont montré que la qualité de la viande de volaille est largement influencée par la composition de leur régime alimentaire et le niveau d'inclusion de certains ingrédients (Tlhong, 2008). Cependant, certaines matières premières peuvent contenir des facteurs antinutritionnels tels que les inhibiteurs de trypsine qui peuvent avoir des effets négatifs sur la qualité sensorielle de la viande de volaille (Ponte et al., 2004 ; Fanatico et al., 2007 ; Okine et al., 2009). De plus, Joseph et al. (1997) expliquent qu'en Afrique la viande crue de volaille est cuite pour qu'elle puisse être consommée, car elle a une odeur inacceptable, un goût faible et souvent beaucoup de sang. Ils citent en outre différents auteurs qui attestent que la cuisson détermine la qualité de la viande et des attributs tels que la saveur, la jutosité, la tendreté, la couleur et l'acceptabilité générale.

L'étude suivante a évalué la qualité sensorielle et l'acceptabilité de la viande de pintade à travers un test organoleptique. Le test a été réalisé sur la viande issue des pintades nourries avec les aliments de l'étude précédente (Chapitre III), auxquels on a ajouté de la viande de pintades du même âge nourries avec un aliment commercial IVOGRAIN.

Ce test a été réalisé pour répondre à un double objectif : i) l'identification de l'effet des compléments alimentaires à base de tourteau de graines d'hévéa ou de tourteau de noix de cajou déclassées sur les caractéristiques sensorielles et la préférence des consommateurs pour la viande de pintade (de souches indigène et améliorée dont l'origine est française), et ii) la mise en évidence du rapport entre les caractéristiques sensorielles descriptives et la composition chimique de la viande de pintade.

La réalisation de cette étude a vu la participation de 120 personnes de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro, notamment le personnel technique et les étudiants de l'Ecole Supérieure d'Agronomie, ainsi que les doctorants de l'Ecole Doctorale Polytechnique. Par ailleurs, la société de restauration dudit Institut a été associée à l'étude pour la torréfaction par un professionnel, conformément à nos recommandations et aux exigences de l'étude.

Caractéristiques organoleptiques et préférence des consommateurs pour la viande de deux souches de pintade nourries aux tourteaux l'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) en remplacement partiel du tourteau de soja en Côte d'Ivoire

Ce travail sera soumis en anglais au journal Poultry Science

Koné G.A., Good M., Grongnet J.F. & Kouba M.

Résumé

Les caractéristiques sensorielles et la préférence des consommateurs de deux cent pintades femelles de 16 semaines de race locale ou sélectionnée (Galor) divisées en 4 groupes ont été déterminées. Après 4 semaines d'adaptation, les pintades de chaque race ont reçu durant douze semaines soit un régime commercial GI (Ivograin, utilisé pour les pondeuses en Côte d'Ivoire), soit un régime témoin GS à base de maïs et de soja, soit le régime témoin supplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) (régime GN) ou de 15% de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) détoxifiés (régime GH). Les échantillons ont été analysés, à l'aide de 13 attributs sensoriels, par 120 personnes formées. Les résultats de l'ANOVA ont montré que 3 attributs d'aspect de la pintade (brun, jaune et blanc), 3 attributs de l'odeur de la pintade (gras, intense et rôti), 1 attribut de la saveur de la pintade (doux) et 6 attributs de la texture de la pintade (tendre, juteux, lisse, élastique, dur et fibreux) établissaient une différence significative entre les échantillons de pintade ($P<0,05$). L'analyse en composantes principales (ACP) des données sensorielles a montré que les 2 premières composantes principales expliquaient 88,3% de la variance des données sensorielles. Les résultats de l'ACP ont montré que les pintades nourries avec l'aliment GS ou l'aliment GI étaient clairement distinguées des pintades nourries avec les aliments GN et GH. Il en est de même pour la pintade locale et la pintade de chair. Cent vingt consommateurs ont exprimé leurs préférences pour les échantillons de pintade. L'analyse par groupe hiérarchique des données de préférences a permis d'identifier 3 groupes de consommateurs homogènes. Les résultats de l'analyse hiérarchique par groupe ont montré que la pintade nourrie avec l'aliment GH était préférée, alors que les pintades nourries avec l'aliment GS ou GI étaient les moins préférées. La régression partielle des moindres carrés (PLSR) de type 1 a montré que 82,6% des données sensorielles des 2 premiers composants principaux expliquaient 95,5% de la préférence pour la pintade. La PLSR1 a identifié que les caractéristiques sensorielles ‘‘juteuse, grasse, douce, dure, rôti, tendre et odeur balsamique’’ étaient les facteurs sensoriels les plus pertinents de la préférence pour la

pintade. Le PLSR2 a identifié la relation entre les échantillons de pintade, leurs attributs sensoriels et les groupes de consommateurs. Le PLSR2 a identifié la relation entre les échantillons de pintade, leurs attributs sensoriels et leurs caractéristiques biochimiques. Nos résultats ont montré qu'il n'y avait pas de pintade exclusivement privilégiée parmi les échantillons de pintade nourrie avec l'aliment GS ou GI, ou parmi les échantillons des deux souches et soulignaient donc l'existence d'une place pour l'utilisation de tourteaux de graines d'hévéa dans le développement des deux souches de pintades en Côte d'Ivoire.

1. Introduction

La sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté sont devenues des préoccupations majeures pour la plupart des pays africains (Yolou et al., 2015). La volaille est particulièrement importante dans la lutte contre la pauvreté et l'amélioration des conditions de vie des ménages ruraux africains (FAO, 2008, 2014). Communément élevée par de petits éleveurs dans les pays africains (Nobo et al., 2012), la pintade est une espèce de volaille dont la production augmente dans les pays en développement. Dans ces pays, la croissance démographique a augmenté la consommation de produits animaux, dont la volaille comme la pintade. Les pintades sont principalement utilisées pour la viande (Nobo et al., 2012). La production de viande de pintade est une entreprise potentiellement avantageuse dans de nombreuses régions du monde (Nahashon et al., 2006). La viande de pintade, en tant que viande alternative au poulet, s'est déjà avérée être une activité rentable aux Etats-Unis, au Canada, mais aussi sur les marchés européens comme la France et l'Italie (Nahashon et al., 2005 ; Tufarelli et al., 2007).

Toutefois, la rentabilité demeure problématique en raison de l'augmentation des coûts de production, qui est principalement attribuable au coût de l'alimentation des animaux. Les variations de prix sur le marché des aliments pour animaux, l'augmentation du prix des ingrédients traditionnels tels que le maïs et le soja, et la demande croissante de volailles alternatives justifient le besoin d'ingrédients moins conventionnels (Laudadio et al., 2012).

En Côte d'Ivoire, en raison de leur disponibilité et de leur faible prix, les graines d'hévéa et les noix de cajou représentent des alternatives au soja (Koné et al., 2016). La farine de graines d'hévéa détoxifiée est déjà considérée comme un ingrédient alimentaire potentiel chez le porc (Madubuike et al., 2006 ; Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018), le coq (Ravindran et al., 1987) ou la poule pondeuse (Atchibri et al., 2008). La farine de noix de cajou a déjà été utilisée chez le porc (Yao et al., 2013 ; Koné et al., 2016 ; Kouakou et al., 2018) et dans l'alimentation des poulettes (Odunsi, 2002). Cependant, leurs effets sur les caractéristiques sensorielles de la viande et les préférences des consommateurs n'ont jamais été décrits.

Des études sur la viande ont montré que la qualité de la viande de volaille est largement influencée par la composition de leur régime alimentaire et le niveau d'inclusion de différents ingrédients (Teye et al., 2006 ; Lawrie & Ledward, 2006). Cependant, certains ingrédients peuvent contenir des facteurs antinutritionnels qui peuvent avoir des

effets négatifs sur la qualité de la viande de volaille (Okine et al., 2009).

Pour la première fois à notre connaissance, dans un contexte ivoirien, cette étude tente d'analyser les caractéristiques sensorielles et les préférences des consommateurs pour la viande de pintade afin de répondre au double objectif suivant : i) l'identification de l'effet des compléments alimentaires à base de tourteaux de graines d'hévéa ou de tourteaux de noix de cajou sur les caractéristiques sensorielles et la préférence des consommateurs pour la viande de pintade de deux origines (indigène et améliorée dont l'origine est française), et ii) la mise en évidence du rapport entre les caractéristiques sensorielles descriptives et la composition chimique de la viande de pintade.

2. Matériels et méthodes

2.1. Situation du site expérimental

L'étude a été réalisée en Côte d'Ivoire, à l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (INP-HB), de juillet à octobre 2017 en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), France.

2.2. Description de la pintade

Les animaux utilisés ont été élevés et abattus conformément à la réglementation relative aux soins et à l'utilisation sans cruauté des animaux dans la recherche. Deux cent pintades femelles de race locale ou sélectionnée (Galor) ont été divisées en 4 groupes. Après 4 semaines d'adaptation, les pintades de chaque race ont reçu durant 12 semaines soit un régime commercial GI (Ivograin, utilisé pour les pondeuses en Côte d'Ivoire), soit un régime témoin GS à base de maïs et de soja, soit le régime témoin supplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) (régime GN) ou de 15% de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) détoxifiés (régime GH), avec 5 répétitions de 10 oiseaux par traitement et par race.

Les oiseaux de 16 semaines à jeûn ont été étourdis, abattus, échaudés (eau à 60°C), puis plumés manuellement. Les carcasses ont été éviscérées et découpées selon la méthode décrite par Ricard et al. (1967) en 3 morceaux [poitrine (y compris l'os et les 2 muscles pectoraux), cuisses entières, ailes), congelés puis décongelés à 4°C avant analyse sensorielle.

2.3. Analyses chimiques

Des échantillons de muscle de cuisse entière ont été analysés pour déterminer la teneur en matière sèche, en cendres et en protéine brute (N x 6,25), selon l'Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2004). La teneur en lipides des échantillons de muscle de cuisse entière a été determinée par la méthode au chloroforme/méthanol de Folch et al (1957).

2.4. Préparation des échantillons de pintade

Nous n'avons utilisé que les cuisses pour l'analyse sensorielle. La cuisson s'est faite selon la méthode décrite par (Sow et Grongnet, 2010). Avant la torréfaction, les cuisses étaient enduites de beurre et assaisonnées d'un mélange de sel, d'oignon, de laurier et de poivre doux. Le thermomètre et la minuterie du rôtisseur ont été utilisés pour régler la température de cuisson à 160°C et le temps de cuisson à 1 h 15 min. La qualité de la cuisson a été surveillée tout au long de la torréfaction afin d'assurer une cuisson adéquate à l'intérieur de la viande et d'offrir un goût approprié aux évaluateurs. Les cuisses rôties étaient ensuite refroidies avant d'être coupées en petits morceaux cubiques (2 cm^3) sans peau placés dans des assiettes blanches avec couvercle. Les échantillons ont ensuite été codés avec des lettres avant d'être soumis à des évaluateurs sensoriels.

2.5. Sélection et formation des évaluateurs

Les sens humains sont véritablement un laboratoire de chimie pour identifier chaque type de sensation, mais l'aspect difficile de l'utilisation des tests sensoriels est l'effondrement de la variabilité des personnes utilisées comme instruments de test (Bratcher, 2013). Par conséquent, toute étude d'analyse sensorielle doit commencer par des séances de formation qui peuvent aider les évaluateurs à discuter, à comprendre et à choisir un vocabulaire correct pour décrire le produit à étudier de façon pratique. Nous avons recruté 120 personnes en fonction de leur fréquence de consommation de volaille (au moins deux fois par mois) et de leurs caractéristiques sociodémographiques (Lawlor et al., 2003). Les panélistes étaient 80 hommes et 40 femmes. L'âge moyen des hommes était de 28 ans, alors que les femmes étaient plus jeunes que les hommes, avec une moyenne d'âge de 25 ans.

Tableau IV.1.: Attributs sensoriels et définitions utilisés par le panel d'analyse sensorielle pour évaluer les échantillons de viande de pintade.

Caractéristiques sensorielles	Code	Définition
Apparence		Intensité de la couleur de la surface de la viande cuite
Brun	Br	Intensité de la couleur brune de la viande
Blanc	Bl	Intensité de la couleur blanche de la viande
Jaune	Ja	Intensité de la couleur jaune de la viande
Odeur		
Huileux	Hu	Odeur de graisse
Intense	In	Odeur de pintade
Rôti	Ro	Odeur de viande rôtie
Persistante	Pe	Goût persistant en bouche
Flaveur		
Doux	Do	Intensité du goût sucré
Amer	Am	Intensité de l'amertume
Astringent	As	Intensité de la viande à sécher la bouche
Texture		
Ferme	Fe	Force pour couper l'échantillon avec les incisives
Tendre	Te	Force nécessaire pour mastiquer
Juteux	Ju	Quantité de jus pendant la mastication
Caoutchouteux	Ca	Mesure dans laquelle l'échantillon reprend sa forme d'origine après compression
Lisse	Li	Degré de souplesse de la chair de pintade entre les dents
Elastique	El	Quantité d'échantillon qui se déforme plutôt que de se fendre, de se fissurer ou de se briser.
Dur	Du	Force nécessaire pour comprimer l'échantillon
Fibreux	Fi	Quantité de fibres de broyage nécessaire pour mâcher à travers l'échantillon

Tous les panélistes étaient des membres du personnel et des étudiants de l'ESA, et des doctorants de l'INP-HB de Yamoussoukro. Sur la base de ces critères, les panélistes ont été formés pendant 3 jours à l'étude sensorielle de la pintade. Chaque séance, d'une durée de 3 heures, a porté sur les caractéristiques sensorielles de la viande de pintade.

Les panélistes ont appris à identifier les attributs sensoriels nécessaires pour décrire l'apparence, l'odeur, la saveur et la texture de la viande de pintade. Des références et des échelles ont également été développées au cours des sessions de formation. Un vocabulaire final a été sélectionné et défini. Il comprenait trois attributs pour l'aspect, quatre pour l'odeur, trois pour la saveur et huit pour la texture. Les noms, les codes et les définitions des attributs sensoriels sont présentés au tableau IV.1 (Zhuang & Savage, 2011 ; Chumngoen & Tan, 2015). À la fin de la dernière séance de formation, les panélistes ont choisi les 18 attributs sensoriels pour l'étude. Cependant, seuls les attributs qui différenciaient significativement les échantillons de viande de pintade ont été présentés dans le manuscrit. L'échelle psychométrique de Likert à 5 points (Joshi et al., 2015) a été discutée pendant les séances de formation et un vocabulaire complet a été choisi pour l'évaluation sensorielle de la viande de pintade (Carbonell et al., 2008). L'échelle allait de 1 (faible expression de l'attribut, c'est-à-dire inacceptable) à 5 (expression élevée de l'attribut, c'est-à-dire excellente).

2.6. Analyse sensorielle et préférences générales

L'analyse sensorielle permet aux producteurs d'identifier, de comprendre et de répondre plus efficacement aux préférences des consommateurs (Fanatico et al., 2007). Une journée a été choisie pour effectuer le test sensoriel. Les évaluateurs ont été réunis dans une salle. Un petit rappel a été fait au sujet de toutes les définitions d'attributs et chaque évaluateur a également reçu une liste de tous les attributs avec leurs définitions et la signification de l'échelle. Des formulaires d'évaluation ont été distribués. La présentation des échantillons de cuisses de pintade était monadique et simultanée pour tous les évaluateurs. Après avoir reçu les échantillons, chaque candidat s'est isolé pour évaluer les produits pendant 20 minutes. Sur la base de l'échelle de Likert discutée lors des sessions de formation, les candidats ont évalué chaque échantillon de 1 à 5 en fonction de leur niveau d'appréciation.

Les échantillons ont été analysés en triple. Les panélistes ont également indiqué leur préférence générale. Les formulaires d'évaluation ont été récupérés pour être enregistrés dans une feuille de calcul Excel afin de former une grande base de données de 54 720 données. Après chaque test d'échantillon, les candidats se nettoyaient la bouche avec de l'eau minérale de marque Awa avant le test d'échantillon suivant (Chumngoen & Tan, 2015). L'évaluation sensorielle de la viande a été effectuée en comparant les variables hédoniques de l'apparence, de l'odeur, de la saveur et de la texture selon une échelle de 1 à 5 (1 = inacceptable, 2 = acceptable, 3 = bon, 4 = très bon, 5 = excellent). L'appréciation globale a également été évaluée en fonction de cette échelle. Nous avons effectué une analyse séparée pour cette appréciation globale de nos 120 panélistes que nous avons appelée, par commodité, "préférence des consommateurs". C'est ce nom qui sera utilisé tout au long du manuscrit.

2.7. Analyse des données

Les données sensorielles et les préférences des consommateurs ont été sauvegardées dans un tableur Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA). L'expérience a consisté en un plan complètement randomisé qui était un plan factoriel 2 x 4 avec deux races de pintades (indigènes ou sélectionnées) et 4 régimes, un régime commercial GI (Ivograin, utilisé pour les pondeuses en Côte d'Ivoire), un régime de contrôle GS à base de maïs et de soja, un régime GS supplémenté de 15 % de tourteaux de noix de cajou déclassées (*Anacardium occidentale*) (régime CN) ou un régime GS supplémenté de 15 % de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) détoxifiées (régime GH). Pour identifier les attributs sensoriels qui distinguent les échantillons de pintade, on a calculé la moyenne des scores pour chaque attribut sensoriel parmi les évaluateurs, puis on les a analysés au moyen d'ANOVA. Les attributs sensoriels qui ne permettaient pas de distinguer les échantillons de pintade ont été retirés des analyses ultérieures.

Un test post hoc de différence hautement significative (HSD) de Tukey a ensuite été effectué pour déterminer les moyennes des attributs sensoriels qui diffèrencient significativement les échantillons (Lawlor et al., 2003 ; Nantachai et al., 2007 ; De Marchi et al., 2015). Les attributs sensoriels significatifs ont ensuite été standardisés (1/Erreur Standard) (Lawlor et al., 2003 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005) et analysés au moyen de l'analyse en composantes principales (ACP) (Lawlor et al., 2003 ; Gallardo-Escamilla et al, 2005 ; Carbonell et al., 2008). L'analyse de variance à un facteur a ensuite été effectuée sur les composantes principales (CP) générées pour identifier celles qui étaient

significatives (Liu et al., 2004 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005 ; Sow & Grongnet, 2010). Les 2 premières composantes principales (CP) significatives ont ensuite été choisies pour la représentation graphique et l'interprétation des résultats (Liu et al., 2004 ; Chapman et al., 2005 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005).

Les données sur les préférences des consommateurs ont également été standardisées (1/Erreur Standard) avant d'être analysées au moyen de l'ACP (Lawlor et al., 2003 ; Liu et al., 2004 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005). Les consommateurs ont été assimilés comme variables et les échantillons de viande de pintade comme individus (Gallardo-Escamilla et al., 2005). Pour segmenter les consommateurs, une analyse de classification ascendante hiérarchique (CAH) avec des distances euclidiennes carrées et la méthode de Ward a été effectuée sur les scores de préférence des consommateurs (Carbonell et al., 2008). Enfin, deux modèles de régression par moindres carrés partiels (PLSR) ont été construits pour étudier les relations entre les caractéristiques sensorielles et les préférences des consommateurs (Lawlor et al., 2003 ; Chapman et al., 2005 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005). La PLSR1 a été réalisée en régressant le score de préférence moyen pour l'ensemble des consommateurs sur les attributs sensoriels pour identifier les attributs sensoriels pertinents de la viande de pintade qui déterminent la préférence des consommateurs ivoiriens pour la pintade. La PLSR2 a été réalisée en régressant les caractéristiques sensorielles sur la préférence des groupes de consommateurs (Lawlor et al., 2003 ; Gallardo-Escamilla et al., 2005). La PLSR2 a aussi été réalisée en régressant les caractéristiques chimiques des échantillons de viande sur leurs caractéristiques sensorielles. La régression par les moindres carrés partiels (PLSR) spécifie les relations linéaires entre un vecteur constitué d'une ou plusieurs variables indépendantes et un ensemble de variables explicatives. Elle consiste en une projection simultanée de variables explicatives et de variables à expliquer sur deux hyperplans ne contenant que deux dimensions. La PLS1 concerne le cas où il y a une seule variable dépendante, la PLS2 celui où il y a plusieurs variables dépendantes (Thenet, 1998).

La version 2.8.0 du logiciel R. 3 (Copyright © 2017, The R Foundation for Statistical Computing Platform) et XLSTAT version 2014.5.03 (Copyright © 1995-2014 Addinsoft SARL, Paris, France) ont été utilisés pour réaliser l'ensemble des analyses statistiques et graphiques.

Tableau IV.2.: Composition chimique de la viande de cuisse de pintade de 16 semaines (souche française ou locale) nourrie avec différents régimes alimentaires.

Paramètre (% de MF[1])	Aliment				SEM	Souche		SEM	Probabilité		
	GI	GS	GH	GN		Indigène	Galor		Aliment	Souche	aliment x Souche
Matière sèche	26,84	26,97	27,45	26,97	0,77	26,40	27,72	0,54	0,94	0,10	(NS)
Lipides	3,66[a]	3,56[a]	4,15[b]	3,98[b]	0,30	3,77	3,90	0,21	0,04	0,66	(NS)
Proteines	22,12	22,09	22,08	21,73	0,86	21,60	22,40	0,61	0,99	0,36	(NS)
Cendres	1,06	1,32	1,22	1,26	0,18	1,02[a]	1,41[b]	0,13	0,77	4,83e^{-2}	(NS)

[a-c] Les moyennes des lignes de régimes ou de souches avec le même exposant ne sont pas significativement différentes. SEM = erreur-type de la moyenne. NS = non-significatif. GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor.

[1]MF = muscle frais.

3. Résultats et discussion

Les résultats des analyses chimiques des cuisses de pintade sont présentés dans le tableau IV.2. Ces résultats montrent que les pintades nourries avec les régimes GS et GI avaient statistiquement les mêmes taux de lipides. Il en est de même pour les pintades nourries avec les régimes GN et GH. Les taux de lipides des cuisses de pintade nourries avec les régimes GN et GH étaient significativement supérieurs à ceux des cuisses de pintade nourries avec les régimes GS et GI (respectivement 3,98 et 4,15 versus 3,56 et 3,66). En ce qui concerne la matière sèche, les protéines et les cendres, aucune différence significative n'a été observée avec les différents régimes alimentaires. En outre, la teneur en cendres des cuisses de pintade Galor était significativement plus élevée que celle des cuisses de pintades indigènes. Les teneurs en matière sèche, en matières grasses et en protéine étaient statistiquement les mêmes pour les deux races.

3.1. Analyse sensorielle descriptive

Comme déjà mentionné, après l'enregistrement des données sensorielles dans un tableur Excel, nous avons calculé la moyenne de chaque attribut sensoriel pour tous les évaluateurs et nous avons effectué une analyse de variance pour identifier les attributs sensoriels qui discriminent les échantillons de viande de pintade (Tableau IV.3.).

Les résultats de l'analyse ANOVA ont montré que 3 attributs d'apparence (brun, blanc et jaune), 3 attributs d'odeur (huileux, intense et rôti), 1 attribut de flaveur (douce) et 6 attributs de texture (tendre, juteux, lisse, élastique, dur et fibreuse) faisaient une distinction significative entre les échantillons de pintade et ces attributs ont été retenus pour le reste de l'étude.

De plus, les résultats de l'analyse de variance ont montré que le panel sensoriel a trouvé qu'il était plus facile de distinguer les échantillons de pintade en utilisant l'apparence et la texture plutôt que l'odeur et les caractéristiques gustatives. Nos résultats sont conformes aux résultats de Lawlor et al. (2003) sur le filet de poulets en Irlande et de Sow & Grongnet (2010) sur les poulets en Guinée. Dans une étude comparant les poulets à croissance lente et à croissance rapide, Fletcher (2002) a également constaté que les deux attributs de qualité les plus importants pour la viande de volaille étaient l'apparence et la texture, tandis que Fanatico et al. (2007) ont trouvé que la texture était le seul attribut le plus important pour la viande de volaille. L’analyse de variance a

Tableau IV.3.: Note moyenne du panel pour les attributs sensoriels descriptifs des échantillons de cuisses de pintade de 16 semaines (résultats de l'analyse de variance à deux facteurs (ANOVA II) et du test de tukey)

Caractéristiques sensorielles	Aliment				SEM	Souche		SEM	Probabilité		
	GI	GS	GH	GN		Indigène	Galor		Aliment	Souche	Aliment x Souche
Apparence											
Brun	3,19^{b}	3,07^{a}	3,25^{b}	3,08^{a}	0,11	2,98^{a}	3,32^{b}	0,08	0,04	1,6^{e-3}	(NS)
Blanc	1,88^{b}	1,83^{b}	1,75^{a}	1,70^{a}	0,09	1,81	1,78	0,06	0,48	0,71	(NS)
Jaune	1,83^{a}	2,34^{b}	2,25^{b}	2,22^{b}	0,11	2,26^{b}	2,06^{a}	0,07	2,8^{e-3}	0,03	(NS)
Odeur											
Huileux	2,43^{ab}	2,04^{a}	3,17^{c}	2,57^{b}	0,11	2,40^{a}	2,70^{b}	0,08	8,6^{e-12}	4^{e-3}	(NS)
Intense	2,53^{a}	2,51^{a}	2,73^{b}	2,59^{ab}	0,10	2,49	2,69	0,07	0,02	0,06	(NS)
Rôti	2,70^{a}	2,74^{ab}	2,95^{b}	2,81^{ab}	0,10	2,76	2,84	0,07	0,03	0,41	(NS)
Persistante	2,31	2,35	2,43	2,37	0,11	2,23^{a}	2,50^{b}	0,08	0,90	1,2^{e-2}	(NS)
Flaveur											
Doux	3,19^{a}	3,23^{a}	3,33^{b}	3,28^{b}	0,09	3,25	3,26	0,07	0,04	0,96	(NS)
Texture											
Ferme	2,66	2,69	2,74	2,77	0,11	2,73	2,70	0,08	0,90	0,79	(NS)
Tendre	2,67^{a}	2,82^{ab}	3,07^{b}	2,92^{ab}	0,10	2,84	2,90	0,07	0,03	0,54	(NS)
Juteux	2,39^{ab}	2,25^{a}	2,61^{b}	2,56^{b}	0,10	2,35^{a}	2,55^{b}	0,07	0,03	0,03	(NS)
Caoutchouteux	2,12	2,13	2,11	2,04	0,10	2,15	2,05	0,07	0,93	0,30	(NS)
Lisse	2,80^{b}	2,53^{a}	2,70^{ab}	2,62^{ab}	0,10	2,65	2,67	0,07	0,04	0,87	(NS)
Elastique	1,86^{a}	2,06^{b}	2,14^{b}	2,08^{b}	0,10	2,10	1,97	0,07	0,01	0,16	(NS)
Dur	2,21^{b}	2,21^{b}	1,76^{a}	2,14^{ab}	0,11	2,08	2,08	0,08	0,01	0,94	(NS)
Fibreux	2,30^{a}	2,24^{a}	2,41^{ab}	2,53^{b}	0,11	2,44	2,30	0,08	0,02	0,22	(NS)

$^{a-c}$ Les moyennes des lignes de régimes ou de souches avec le même exposant ne sont pas significativement différentes. SEM = erreur-type de la moyenne. NS = non-significatif. GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor.

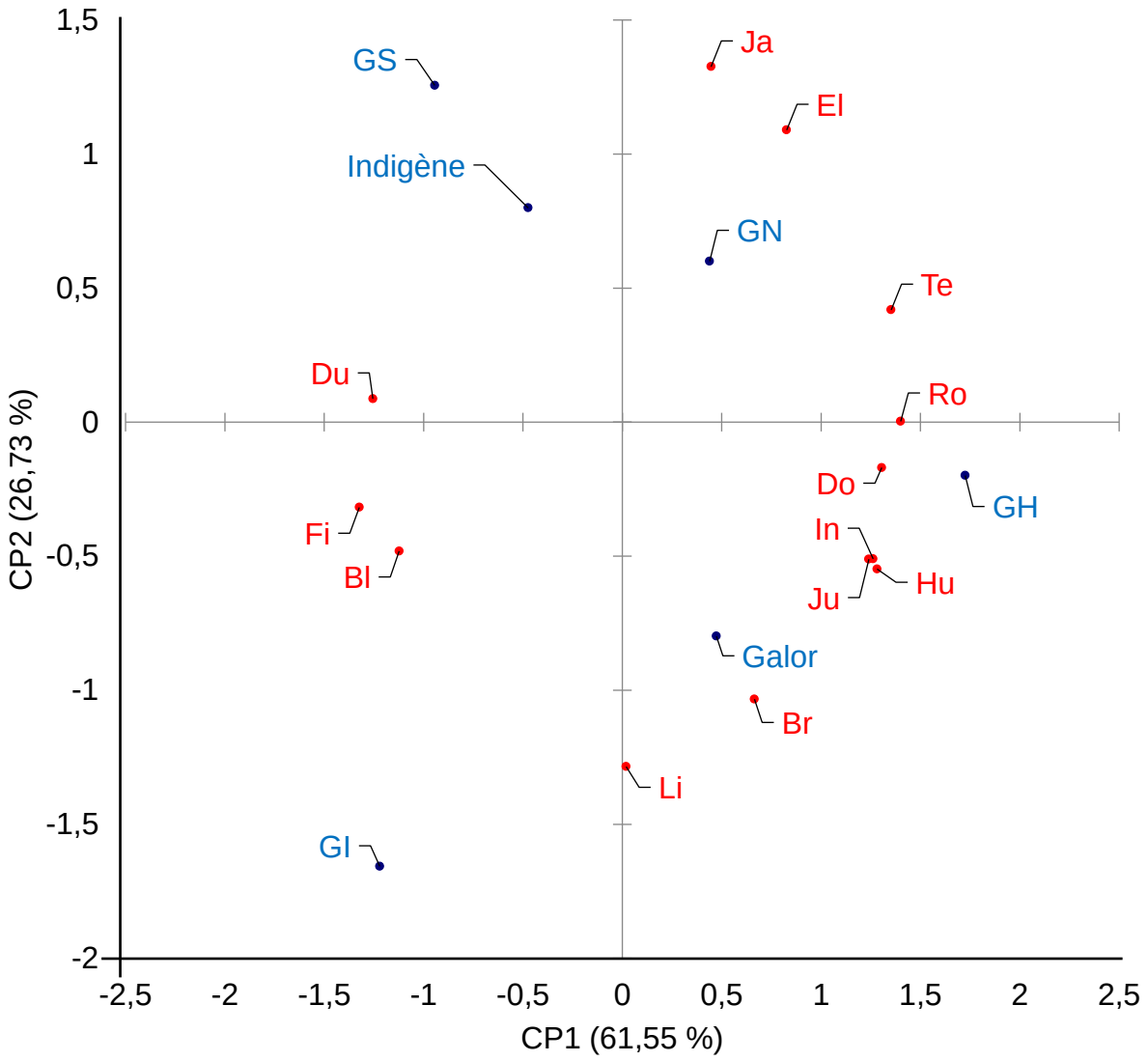

Figure IV.1.: Résultats de l'analyse en composantes principales montrant la description des 4 échantillons de pintade par les 13 attributs sensoriels GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor. Br = l'intensité de la couleur brune de la viande ; Bl = l'intensité de la couleur blanche de la viande ; Ja = l'intensité de la couleur jaune de la viande ; Hu = l' intensité de l'odeur de graisse de la viande ; In = l' intensité de l'odeur de pintade ; Ro = l' intensité de l'odeur du rôti ; Do = l'intensité du goût doux sur la langue ; Te = l'intensité de la douceur de la chair ; Ju = la capacité de la viande de pintade à produire du jus dans la bouche ; Li = le degré de souplesse de la viande de pintade entre les dents ; El = le degré d'élasticité de la viande de pintade ; Du = la mesure dans laquelle la viande de pintade nécessite des efforts lors de la mastication ; Fi = la nature fibreuse de la viande de pintade trouvée lors du mastication. CP1 = composante principale 1 ; CP2 = composante principale 2.

également montré que les scores de la coloration brune, de l'odeur de graisse et de la jutosité de la viande de pintade Galor étaient significativement supérieurs à ceux de la pintade indigène.

Les attributs sensoriels significatifs ont été normalisés et analysés au moyen de l'ACP. Les résultats de l'ACP ont montré que les pintades nourries par les différents régimes étaient bien représentées et se distinguaient les unes des autres (Figure IV.1.).

La première composante principale (CP) expliquait 61,55% de la variation des données sensorielles et était principalement décrite par l'aspect huileux (r = 0,90), le jus (r = 0,87), la dureté (r = - 0,88), l'odeur de rôti (r = 0).987), la saveur (r = 0,92), la couleur blanche (r = - 0,80), l'intensité de l'odeur de pintade (r = 0,89), la texture fibreuse (r = - 0,93) et la tendreté (r = 0,95). La figure IV.1 montre clairement une opposition entre les pintades des régimes GI ou GS et celles des régimes GN ou GH. Les résultats de l'ACP ont également montré une opposition entre la pintade autochtone et la pintade Galor. Les pintades nourries aux régimes GN ou GH et les pintades Galor étaitent caractérisées par une forte expression des attributs sensoriels : odeur huileuse, juteuse, rôtie, intensité de l'odeur de pintade, saveur douce et tendre. La deuxième CP expliquait 26,7 % de la variation des données sensorielles et était principalement décrite par la couleur jaune (r = 0,93) et la texture lisse (r = - 0,90). Les résultats de l'ACP ont montré une opposition entre les pintades des régimes GS et celles du régime GI. Il apparait que les panélistes ont été capables de différencier les différents types de pintades.

3.2. Évaluation des préférences des consommateurs

Tel qu'indiqué initialement, les préférences des consommateurs correspondent au goût général des 120 panélistes.

Les moyennes des scores des échantillons de pintades (deux races, 4 régimes par race) sont présentées dans le tableau IV.4. Il n'y avait pas de différence significative entre le régime GI et le régime GS. Le plus petit score a été obtenu par la pintade nourrie au régime GI et le plus grand score a été de 3,73 pour la pintade nourrie au régime GH. Les scores de préférence des consommateurs ont été standardisés et analysés avec l'ACP (Lawlor et al. 2003 ; Sow & Grongnet, 2010 ; Saldaña et al., 2019), en utilisant le logiciel R 3.4.3. (Copyright © 2017, The R Foundation for Statistical Computing Platform). La figure IV.2 montre que les consommateurs aiment la viande de pintade nourrie au régime GH, qui est décrite comme étant lisse (r = 0,99), juteuse (r = 0,91), huileuse (r = 0,95),

Tableau IV.4.: Résultats de l'analyse de classification hiérarchique des données sur les préférences des consommateurs (résultats de l'ANOVA II et test de Tukey).

Groupe	Taille des groupes	Aliment				SEM	Souche		SEM	Probabilité		
		GI	GS	GH	GN		Indigène	Galor		Aliment	Souche	Aliment x Souche
1	36	$3,17^{Aa}$	$3,17^{Aa}$	$3,17^{Aa}$	$4,44^{Bc}$	0,639	3,47	3,50	0,020	1^{e-4}	$8,55^{e-1}$	1^{e-4}
2	50	$3,44^{Ab}$	$3,56^{Bb}$	$3,76^{Cb}$	$3,32^{Ab}$	0,188	3,50	3,54	0,028	$1,8^{e-2}$	$7,85^{e-1}$	1^{e-4}
3	34	$3,24^{Ba}$	$3,53^{Cb}$	$4,26^{Dc}$	$3,06^{Aa}$	0,532	3,50	3,54	0,031	1^{e-4}	$7,57^{e-1}$	1^{e-4}
SEM		0.550	0,550	0,219	0,142	0,736	0,016	0,024	-	-	-	-
P-value		2^{e-4}	2^{e-4}	4^{e-4}	3^{e-4}	1^{e-4}	0,98	0,97	-	-	-	-
Ensemble	120	$3,30^{A}$	$3,43^{A}$	$3,73^{C}$	$3,58^{B}$	0,184	3,49	3,53	0,027	$1,83^{e-2}$	$7,10^{e-1}$	6^{e-4}

$^{a-b}$ Les moyennes à l'intérieur d'une colonne avec le même exposant ne sont pas significativement différentes selon les résultats du test de Tukey. $^{A-C}$ Les moyennes à l'intérieur d'une ligne avec le même exposant ne sont pas significativement différentes selon les résultats du test de Tukey. SEM = erreur-type de la moyenne. GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor.

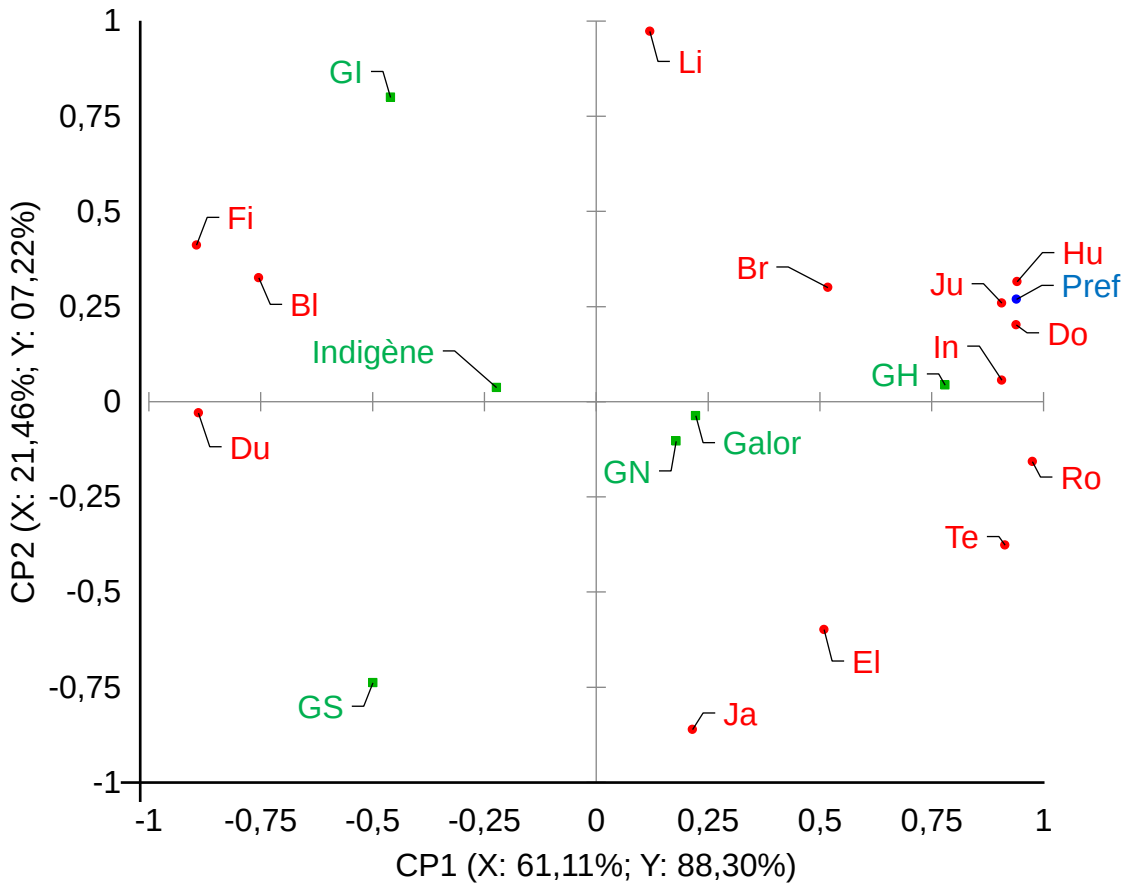

Figure IV.2.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 1 montrant la relation entre les attributs sensoriels de la pintade et le score global de préférence de l'échantillon de pintade du consommateur (Pref). GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor. Br = l'intensité de la couleur brune de la viande ; Bl = l'intensité de la couleur blanche de la viande ; Ja = l'intensité de la couleur jaune de la viande ; Hu = l' intensité de l'odeur de graisse de la viande ; In = l' intensité de l'odeur de pintade ; Ro = l' intensité de l'odeur du rôti ; Do = l'intensité du goût doux sur la langue ; Te = l'intensité de la douceur de la chair ; Ju = la capacité de la viande de pintade à produire du jus dans la bouche ; Li = le degré de souplesse de la viande de pintade entre les dents ; El = le degré d'élasticité de la viande de pintade ; Du = la mesure dans laquelle la viande de pintade nécessite des efforts lors de la mastication ; Fi = la nature fibreuse de la viande de pintade trouvée lors du mastication. CP1 = composante principale 1 ; CP2 = composante principale 2.

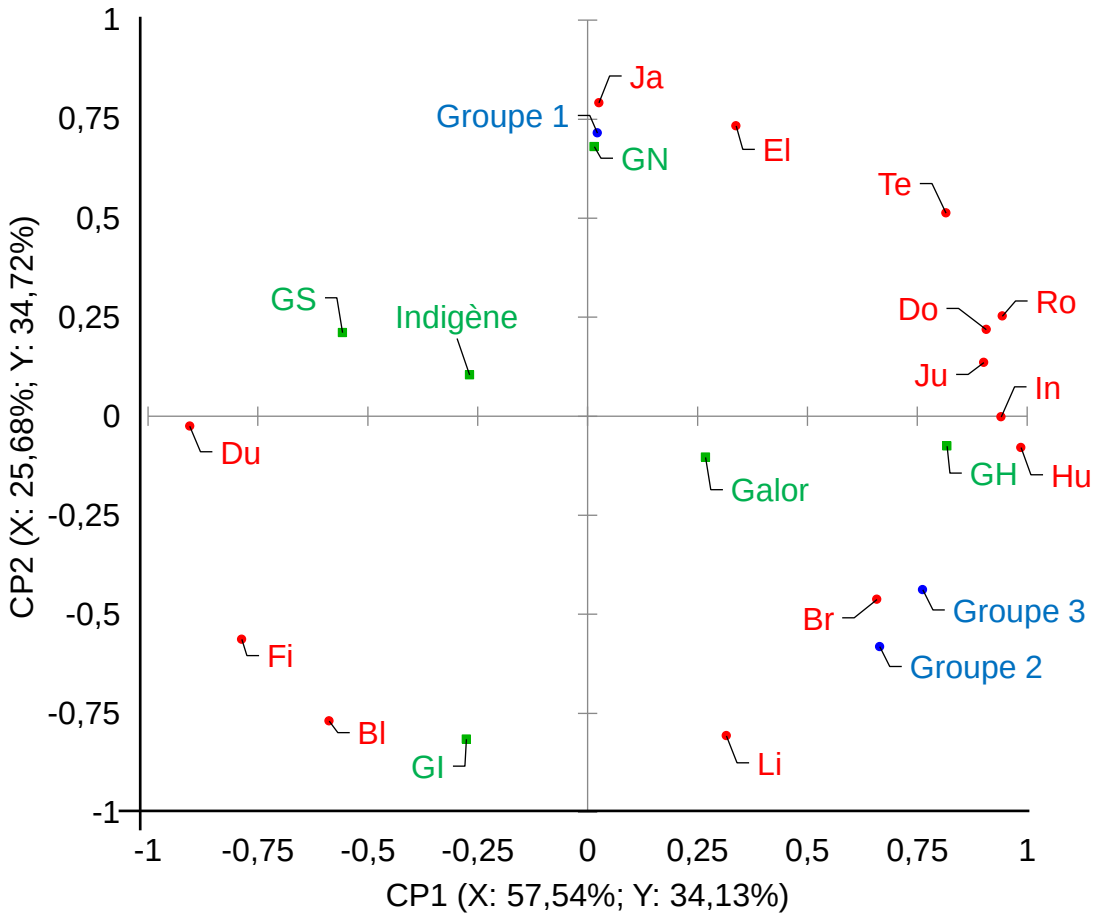

Figure IV.3.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 2 montrant la cartographie des préférences externes des échantillons de poulet, leurs attributs sensoriels et les groupes de consommateurs. GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor. Br = l'intensité de la couleur brune de la viande ; Bl = l'intensité de la couleur blanche de la viande ; Ja = l'intensité de la couleur jaune de la viande ; Hu = l' intensité de l'odeur de graisse de la viande ; In = l' intensité de l'odeur de pintade ; Ro = l' intensité de l'odeur du rôti ; Do = l'intensité du goût doux sur la langue ; Te = l'intensité de la douceur de la chair ; Ju = la capacité de la viande de pintade à produire du jus dans la bouche ; Li = le degré de souplesse de la viande de pintade entre les dents ; El = le degré d'élasticité de la viande de pintade ; Du = la mesure dans laquelle la viande de pintade nécessite des efforts lors de la mastication ; Fi = la nature fibreuse de la viande de pintade trouvée lors du mastication. CP1 = composante principale 1 ; CP2 = composante principale 2.

odorante (r = 0,95), à l'odeur de grillé (r = 0,86) et tendre (r = 0,78). La viande de pintade nourrie au régime GN dont le profil sensoriel était caractérisé par une forte expression des attributs sensoriels : odeur de rôti, tendreté, élasticité et couleur jaune était elle aussi appréciée par les consommateurs.

Les viandes de pintades nourries aux régimes GS ou GI quant à elles étaient appréciées par les consommateurs dont le profil sensoriel était caractérisé par une forte expression de la coloration blanche, de la dureté et de l'aspect fibreux de la viande.

En résumé, les consommateurs ont accordé les scores les plus élevés à la viande de pintade nourrie au régime GH. Les motifs de choix alimentaires et l'importance que les consommateurs attachent aux attributs du produit sont des bases de segmentation précieuses (Verain et al., 2016), car ils déterminent dans une large mesure les choix alimentaires que font les consommateurs. L'importance des attributs alimentaires indique les motifs des consommateurs, ce qui sous-entend leurs choix alimentaires (Carbonell et al., 2008). Les valeurs moyennes sont utiles pour déterminer les tendances générales mais n'informent pas sur les groupes de personnes qui peuvent préférer certains produits à d'autres. Pour identifier ces groupes, différentes techniques de segmentation des consommateurs ont été appliquées, comme l'analyse de classification ascendante hiérarchique (CAH).

3.3. CAH des données sur les préférences des consommateurs

L'CAH est une méthode statistique permettant de trouver des groupes homogènes de consommateurs en fonction de leurs préférences (Sow & Grongnet, 2010). Cette méthode a permis d'identifier 3 groupes de consommateurs avec une préférence homogène pour la viande de pintade (Tableau IV.4.). La viande la plus appréciée par les consommateurs était la viande de pintade nourrie au régime GH et la moins appréciée provenait de pintade nourrie au régime commercial GI. Cependant, l'analyse des scores de préference dans chacun des 3 groupes a montré quelques différences de préférence entre les échantillons de pintade.

Le groupe 2 est le plus grand groupe de consommateurs et le groupe 3 est le plus petit (respectivement 41,7 et 28,3 % des consommateurs). Les deux groupes ont affiché les scores de préférence les plus élevés pour la viande de pintade ayant reçu le régime GH (Figure IV.3.). Par ailleurs, les groupes 2 et 3 trouvaient bonnes les viandes de pintades nourries aux régimes GN ou GI. Le groupe 1 (30% des consommateurs) préferait

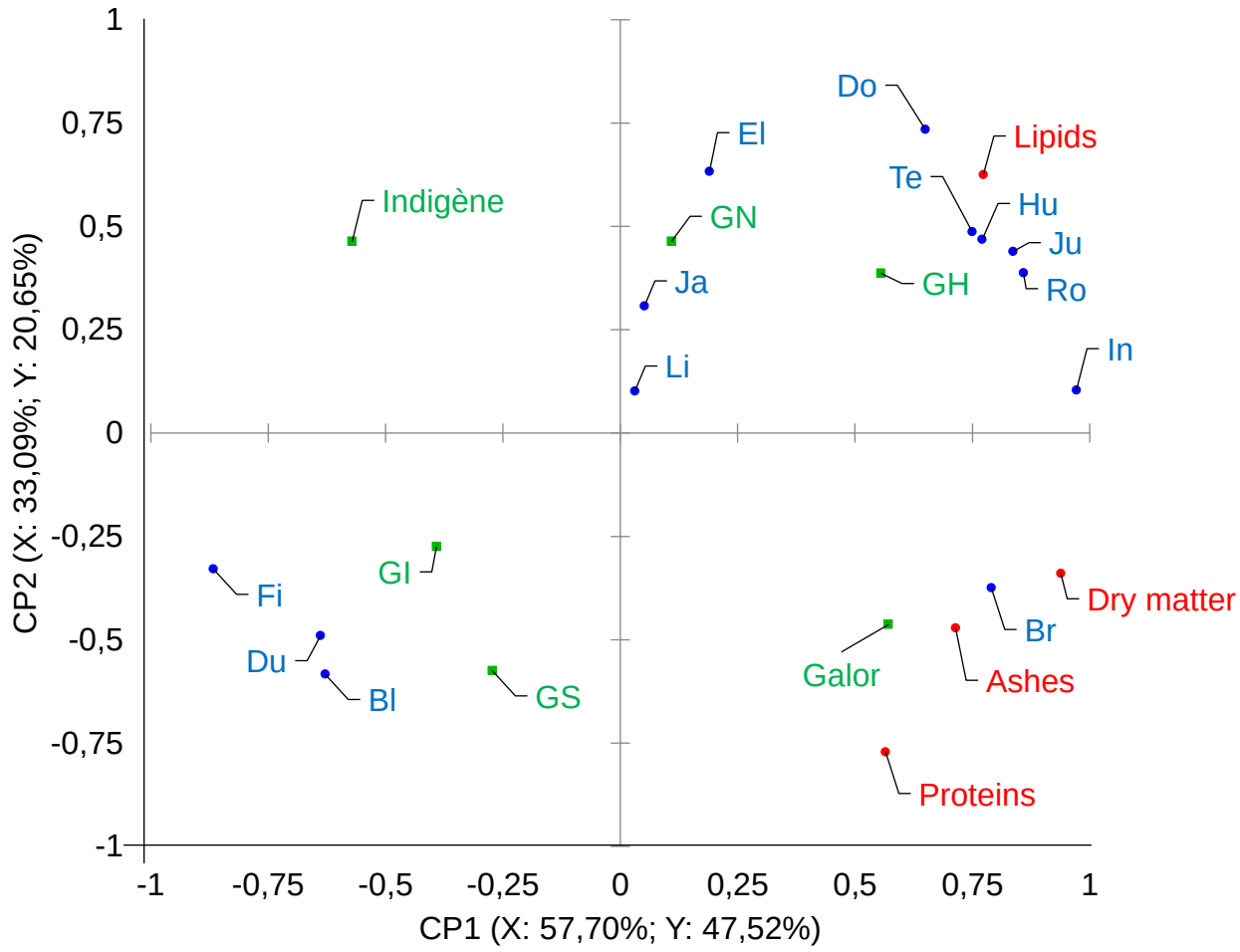

Figure IV.4.: Résultats du modèle de régression des moindres carrés partiels 2 montrant la relation entre les échantillons de viande de pintade, leurs attributs sensoriels et leurs caractéristiques chimiques. GI = aliment commercial pour pondeuse; GS = aliment témoin; GH = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de graines d'hévéa; GN = aliment témoin suplémenté de 15% de tourteaux de noix de cajou. Indigène = pintade indigène; Galor = pintade Galor. Br = l'intensité de la couleur brune de la viande ; Bl = l'intensité de la couleur blanche de la viande ; Ja = l'intensité de la couleur jaune de la viande ; Hu = l' intensité de l'odeur de graisse de la viande ; In = l' intensité de l'odeur de pintade ; Ro = l' intensité de l'odeur du rôti ; Do = l'intensité du goût doux sur la langue ; Te = l'intensité de la douceur de la chair ; Ju = la capacité de la viande de pintade à produire du jus dans la bouche ; Li = le degré de souplesse de la viande de pintade entre les dents ; El = le degré d'élasticité de la viande de pintade ; Du = la mesure dans laquelle la viande de pintade nécessite des efforts lors de la mastication ; Fi = la nature fibreuse de la viande de pintade trouvée lors du mastication. CP1 = composante principale 1 ; CP2 = composante principale 2.

beaucoup la viande de pintade nourrie au régime GN par rapport à la viande de pintade nourrie au régime GI ou GS ou GH qu'il trouvait par ailleurs bonne.

Cependant, les consommateurs ne faisaient pas de distinction entre les deux races étudiées. La répartition des préférences des consommateurs était très hétérogène (Lawlor et al., 2003 ; Sow & Grongnet, 2010 ; Yenket & Chambers IV, 2017). Néanmoins, après cette première enquête, il n'est pas encore possible d'établir une relation entre les préférences exprimées de différentes manières et certaines caractéristiques socio-économiques de la population testée. Par exemple, l'établissement d'une relation entre l'ethnicité et la préférence pour la pintade n'était pas un objectif de cette première expérience. De plus, comme la population testée était composée de citoyens d'une grande ville, Yamoussoukro, il est peu probable que cette caractéristique soit discriminatoire. Aujourd'hui, les personnes vivant dans les grandes villes africaines sont moins influencées dans leurs préférences alimentaires par leur ethnicité que les personnes vivant dans les zones rurales des pays africains (Sow & Grongnet, 2010).

3.4. Relation entre les attributs sensoriels et les caractéristiques chimiques des échantillons de viande

Un modèle PLSR2 (réponses multiples) a été utilisé pour étudier les relations entre les échantillons de viande, leurs attributs sensoriels et leurs caractéristiques chimiques (Chumngoen & Tan, 2015 ; Amorim et al., 2016 ; Frank et al., 2016). Nous avons utilisé le modèle PLSR pour décrire les attributs sensoriels de la viande de pintade. Dans ce modèle, les attributs sensoriels étaient considérés comme des variables à prédire et les caractéristiques chimiques comme des variables explicatives. Le résultat du modèle PLSR a été une cartographie des attributs sensoriels (Chumngoen & Tan, 2015) montrant la visualisation graphique de l'association entre les échantillons de viande de pintade et leurs caractéristiques chimiques. Le modèle a montré que 90,8% des données chimiques pour les deux premiers CP expliquent 68,2% des attributs sensoriels de la viande de pintade (Figure IV.4.). La teneur en matière grasse de la viande de pintade (Tableau IV.2.) détermine l'intensité de sa saveur (Mottram, 1998 ; Muchenje et al., 2010), sa jutosité (Jeremiah et al., 2003) et sa tendreté (May et al., 1992) telle qu'observé sur la figure IV.4. Les coéfficients de corrélation entre la teneur en lipides totaux et le goût ou la jutosité ou la tendreté sont respectivement de 0,98, de 0,94 et de 0,86.

En conclusion, l'incorporation à 15% des tourteaux d'hévéa ou de noix de cajou dans l'alimentation de la pintade a eu un effet positif sur la qualité gustative de la viande. De plus, l'inclusion du tourteau de graines d'hévéa dans le régime alimentaire a amélioré la tendreté, la jutosité, le goût et le score de préférence de la viande de pintade. Par ailleurs, la pintade Galor française ne se distingue pas de la pintade indigène du point de vue organoleptique.

Références

Amorim B., Cortijo A., De Juan F., Grushin A.G., Guinea F., Gutiérrez-Rubio A., Ochoaah H., Parenteag V., Roldána R., San-Josea P., Schiefelea J., Sturlai M. & Vozmediano M.A.H., 2016. Novel effects of strains in graphene and other two dimensional materials. Physics Reports, 617:1-54.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 2004. Official methods of analysis, 15th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.

Atchibri L.O., Atcho O., Kouakou B. & Keli J., 2008. La graine d'hévéa appauvrie en acide cyanhydrique par la méthode de triple séchage offre un tourteau propre à la consommation de la poule pondeuse. Rev. Afr. Santé Prod. Anim., 6(3-4):195-198.

Bratcher C.L., 2013. Trained Sensory Panels. The Science of Meat Quality, 207-213.

Carbonell L., Izquierdo L., Carbonell I. & Costell E., 2008. Segmentation of food consumers according to their correlations with sensory attributes projected on preference spaces. Food Qual. Prefer., 19:71-78.

Chapman D.M., Roby G., Elber S.E, Guinard J. & Matthews M.A., 2005. Sensory attributes of cabernet sauvignon wines made from vines with different water status. Aust. J. Grape Wine Res. 11:339-347.

Chumngoen W. & Tan F-J., 2015. Relationships between Descriptive Sensory Attributes and Physicochemical Analysis of Broiler and Taiwan Native Chicken Breast Meat. Asian Australas. J. Anim. Sci., 28(7):1028-1037.

De Marchi F., Aprea E., Endrizzi I., Charles M., Betta E., Corollaro M.L., Cappelletti M., Ferrentino G., Spilimbergo S. & Gasperi F., 2015. Effects of Pasteurization on Volatile Compounds and Sensory Properties of Coconut (Cocos nucifera L.) Water: Thermal vs. High-Pressure Carbon Dioxide Pasteurization. Food and Bioprocess Technology, 8(7):1393-1404.

Fanatico A.C., Pillai P.B., Emmert J.L., Gbur E.E., Meullenet J.F. & Owens C.M., 2007. Sensory attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. Poult. Sci., 86:2441-2449.

FAO, 2008. Revue du secteur avicole, Côte d'Ivoire. 67p.

FAO, 2014. The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming. 139p.

Fletcher D.L., 2002. Poultry meat quality. World's Poultry Science Journal, 58(2):131-145.

Folch J, Lees M, and Sloane Stanley GH 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry 226, 497–509.

Frank C., Cadar D., Schlaphof A., Neddersen N., Günther S., Schmidt-Chanasit J. & Tappe D., 2016. Sexual transmission of Zika virus in Germany, April 2016. Eurosurveillance, 21(23):30252. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.23.30252.

Gallardo-Escamilla F.J., Kelly A.L. & Delahunty C.M., 2005. Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. J. Dairy Sci., 88:2689-2699.

Jeremiah L.E., Dugan M.E.R., Aalhus J.L. & Gibson L.L., 2003. Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups. Meat Science, 65:985-992.

Joshi A., Kale S., Chandel S. & Pal D.K., 2015. Likert scale: Explored and explained. British Journal of Applied Science & Technology, 7(4):396-403.

Koné G.A., Kouakou N.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Kouamé K.B., Yéboué F.D.P. & Kouba M., 2016. Etude préliminaire de la valorisation des tourteaux d'hévéa, d'anacarde et de pourghère chez les porcs durant la gestation et la lactation. Europ. Sci. J., 30:11-22.

Kouakou N'G.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouamé K.B., Yéboué F.de P. & Kouba M., 2018. Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 71 (1-2):81-85.

Laudadio V., Nahashon S.N. & Tufarelli V., 2012. Growth performance and carcass characteristics of guinea fowl broilers fed micronized-dehulled pea (*Pisum sativum L*.) as a substitute for soybean meal. Poult. Sci., 91:2988-2996.

Lawlor J.B., Sheehan E.M., Delahunty C.M., Kerry J.P. & Morrissey P.A., 2003. Sensory characteristics and consumer preference for cooked chicken breasts from organic, corn-fed, free-range and conventionally reared animals. Int. J. Poult. Sci., 2:409-416.

Lawrie R.A. & Ledward D.A., 2006. Chemical and biochemical constitution of muscles. In: *Lawrie s Meat Science*, 7th edition, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AH, England. 75-90.

Liu Y., Lyon B.G., Windham W.R., Lyon C.E. & Savage E.M., 2004. Principal component analysis of physical, color and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six and twenty-four hours postmortem. Poult. Sci. 83:101-108.

Madubuike F.N., Ekenyem B.U. & Obih T.K.O., 2006. Performance and Cost Evaluation of Substituting Rubber Seed Cake for Groundnut Cake in Diets of Growing Pigs. Pak. J. Nutr., 5:59-61.

May S.G., Dolezal H.G., Gill D.R., Ray F.K. & Buchanan D.S., 1992. Effect of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. Journal Animal Science, 70:444-453.

Mottram D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. Food Chemistry, 62:415-424.

Muchenje V., Chimonyo M., Dzama K., Strydom P.E., Ndlovu T. & Raats J.G., 2010. Relationship between off-flavour descriptors and flavour scores in beef from cattle raised on natural pasture. J. Muscle Foods, 21:424-432.

Nahashon S. N., Adefope N., Amenyenu A. & Wright D., 2005. Effect of dietary Metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. Poult. Sci., 84:337-344.

Nahashon S.N., Aggrey S.E., Adefope N.A., Amenyunu A. & Wright D., 2006. Growth characteristics of Pearl Gray Guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz and Logistic Models. Poult Sci., 85:359-363.

Nantachai K., Hongphan N. & Tamangklang S., 2007. Sensory characteristics and preference mapping of breast and thigh chicken meat from commercial broiler and crossbred chickens. Pages 58-69 in Summer Program in Sensory Evaluation 2007. Vietnam National University, Hochiminh City, Vietnam.

Nobo G., Moreki J.C. & Nsoso S.J., 2012. Feed Intake, Body Weight, Average Daily Gain, Feed Conversion Ratio and Carcass Characteristics of Helmeted Guinea Fowl Fed Varying Levels of Phane Meal (Imbrasia belina) as Replacement of Fishmeal under Intensive System. Int. J. Poult. Sci., 11:378-384.

Odunsi A.A., 2002. Effect of feeding reject cashew Kernel meal on pre and early-laying performance of pullet. Archiv. Zootec., 51:423-429.

Okine C.A., Teye G.A. & Dei, H.K., 2009. Effects of processed Mucuna pruriens beans on carcass characteristics of broiler chicken. In proceedings of the Ghana Society of Animal Production (GSAP), 16th Biennial conference. 145-147.

Ravindran V., Rajaguru A.S.B. & De Silva C., 1987. Evaluation of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell-Arg.) seed meal in White Leghorn cockerel diets. J. Agric. Sci., 108:505-508.

Ricard FH, Rouvier R, Marche G and Lafont F 1967. Etude de la composition anatomique du poulet. I- Variabilité de la répartition des différentes parties corporelles chez des coquelets « Bresse- Pile ». Annales de Zootechnie, 136:23-39.

Saldaña E., Saldarriaga L., Cabrera J., Behrens J.H., Selani M.M., Rios-Mera J. & Contreras-Castillo C.J., 2019. Descriptive and hedonic sensory perception of Brazilian consumers for smoked bacon. Meat science, 147:60-69.

Sow T.M.A. &t Grongnet J.F., 2010. Sensory characteristics and consumer preference for chicken meat in Guinea. Poultry Science, 89:2281-2292.

Teye G.A., Munkaila L. & Dei H.K., 2006. Carcass Characteristics of the male and female broiler chicken. Agricultural and Food Journal of Ghana, 5:363-367.

Thenet G., 1998. L'explication de la consommation de coûts dans le secteur bancaire: la complémentarité de la méthode de régression en composantes principales et de la régression PLS. Université de Rennes, 1 : 167-190.

Tufarelli V., Dario M. & Laudadio V., 2007. Effect of xylanase supplementation and article-size on performance of guinea fowl broilers fed wheat-based diets. Int. J. Poult. Sci., 4:302-307.

Verain M.C., Sijtsema S.J. & Antonides G., 2016. Consumer segmentation based on food-category attribute importance: The relation with healthiness and sustainability perceptions. Food Quality and Preference, 48:99-106.

Yenket R. & Chambers IV. E., 2017. Influence of cluster analysis procedures on variation explained and consumer orientation in internal and external preference maps. Journal of sensory studies, *32*(5), e12296. https://doi.org/10.1111/joss.12296.

Yao K.S.A., Kimsé M., Soro D. & Fantodji A., 2013. Effet de l'incorporation de la noix de cajou dans les rations alimentaires sur les performances de croissance des porcs : Phases post-sevrage et de croissance. Int. J. Biol. Chem. Sci., 7:479-488.

Yolou M., Anizehou I., Dossou-Yovo R., Akoegninnou A., Zongo J.D. & Zoundjihekpon J., 2015. Etat des lieux de la reproduction sexuée des ignames africaines *Dioscorea cayenensis-Dioscorea rotundata* cultivées au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci., 9:737-750.

Zhuang H. & Savage E.M., 2011. Effect of postmortem deboning time on sensory descriptive flavor and texture profiles of cooked boneless skinless broiler thighs. LWT-Food Science and Technology, 44(10):2087-2090.

L'incorporation à 15% des tourteaux d'hévéa ou de noix de cajou dans l'alimentation de la pintade a eu un effet positif sur la qualité gustative de la viande. De plus, l'inclusion du tourteau de graines d'hévéa dans le régime alimentaire a amélioré la tendreté, la jutosité, le goût et le score de préférence de la viande de pintade. Par ailleurs, la pintade Galor française ne se distingue pas de la pintade indigène du point de vue organoleptique.

DISCUSSION GENERALE

1. Elevage de la pintade en Côte d'Ivoire

Contrairement au Zimbabwé où la production de pintades est dominée par les femmes, en Côte d'Ivoire, c'est une activité masculine comme au Burkina Fasso (Sanfo et al., 2007). Cependant, les femmes sont fortement impliquées dans la fourniture d'aliments tels que le son de maïs et le son de riz. La proportion des éleveurs alphabétisés (54,3%) est supérieure à celle d'Avornyo et al. (2016) qui ont rapporté qu'au nord du Ghana, seulement 36% des éleveurs de pintades étaient alphabétisés. C'est un avantage pour d'eventuelles activités de vulgarisation. L'élevage de pintades en Côte d'Ivoire ne souffre d'aucun tabou et l'objectif de la majorité des éleveurs est la commercialisation et l'autoconsommation des produits (Sanfo et al., 2007), notamment la viande et les œufs (Dahouda, 2009 ; Obike et al., 2012 ; Houndonougbo, 2017). La valeur marchande est, comme on l'observe au Benin (Houndonougbo, 2017), fonction de la variété. Comme dans la plupart des pays au sud du Sahara, en Côte d'Ivoire, l'élevage de poules et de pintades indigènes sont intimement associés, puisque l'incubation et l'élevage des pintadeaux sont réalisés par les poules (Sanfo et al., 2007 ; Dahouda, 2009).

En Côte d'Ivoire, comme dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, les pintades indigènes sont essentiellement élevées dans un système extensif avec des équipements d'élevage rudimentaires (Moreki & Seabo, 2012) et des taux de mortalité élevés (Zvakare et al., 2018). Cependant, on rencontre quelques élevages intensifs de pintades sélectionnées d'origine française (90 jours d'élevage) mais sans aliment adapté pour pintade. La supplémentation alimentaire apportée par les éleveurs en élevage extensif n'est pas dans un but nutritionnel mais dans celui de domestiquer les animaux en les habituant à revenir à la ferme (Dahouda, 2009). Ces conditions conduisent à une faible productivité des élevages de pintades (Houndonougbo, 2017). Le manque d'aliments adaptés aux pintades et l'utilisation de complements alimentaires (distribution de grains de maïs) faisant l'objet de la concurrence alimentaire entre l'homme et l'oiseau constituent un frein au développement de la production de pintades (Koné et al., 2018). Le développement d'une production locale de pintades nécessite la valorisation d'autres ressources alimentaires locales, disponibles et bon marché. L'adoption d'un système semi-intensif, qui semble être un compromis entre les deux systèmes (système intensif et système extensif) (Dahouda et al., 2009), permettrait une économie d'aliment, une reduction de la mortalité et le respect du bien être des oiseaux. En effet, les pintades sont

bien adaptées pour valoriser les ressources alimentaires, même limitées, dont elles disposent dans leur environnement (Agwunobi & Ekpenyong, 1990).

2. Incorporation du tourteau de graines d'hévéa ou de noix de cajou dans l'alimentation des pintades

Le but de cette recherche était : (1) évaluer l'effet des compléments alimentaires à base de tourteaux de graines d'hévéa (TH) ou de tourteaux de noix de cajou (TA) sur les performances de croissance et les caractéristiques de la viande des pintades ; et (2) évaluer l'effet de cette complémentation alimentaire sur la qualité du filet des pintades.

Les résultats de notre étude montrent que le TH est d'un apport important dans les pays d'Afrique et d'Asie où l'élevage de la pintade est présent et la production de caoutchouc est développée. Le chapitre III confirme les observations de certains auteurs qui estiment que le TH thermiquement traité (Atchibri et al., 2008) peut-être utilisé dans l'alimentation des volailles sans effet néfaste. Nos résultats montrent que l'utilisation de TH permet de réduire valablement l'utilisation du maïs de 10% et du tourteau de soja de 50% dans les formules alimentaires destinées aux pintades de plus de 4 semaines. La similarité des poids et des indices de consommation obtenus par les oiseaux nourris avec les aliments GS et GH justifie l'efficacité du traitement thermique préconisé par Koné et al. (2016), Udo et al. (2018) et Kouakou et al. (2018) et la possibilité de l'usage des graines d'hévéa pour l'alimentation des pintades en milieu rural.

Nos travaux montrent pour la première fois, à notre connaissance, que les graines d'hévéa sont une source d'acides gras indispensables pour la pintade. En effet, le TH artisanal contient 33,7g de protéine pour 100g de matière sèche et une teneur en AGPI de 58,3% des acides gras totaux dont 21,2% d'acide gras linolenique avec un rapport n-6/n-3 de 1,7 (Chapitre III) qui le place parmi les sources d'enrichissement en acides gras omega 3 (Abedi & Sahari, 2014). De plus, le profil en acides gras du filet des pintades nourries avec les aliments contenant le TH ou le TA montre que dans le groupe des acides gras saturés, les acides myristique (C14: 0) et palmitique (C16: 0) ont diminué significativement par rapport au traitement de contrôle. L'inclusion du TH dans les régimes de pintades a augmenté significativement la concentration en acide α-linolénique (C18: 3 n-3) (ALA), ainsi que celles des acides gras dérivés du processus d'élongation et de désaturation, tels que l'EPA (C20: 5 n-3), le DPA (C22: 5 n-3) et le DHA (C22: 6 n-3). De plus, la concentration totale en acides gras saturés (AGS) a diminué significativemenet

en raison de l'effet du TH incorporé à 15% dans le régime alimentaire, avec une augmentation de la composition des lipides du filet en acides gras polyinsaturés (AGPI) notamment en AGPI n-3, et une réduction significative du rapport n-6/n-3. Ce rapport est passé de 4 pour le régime témoin à 2,8 pour le régime contenant 15% de TH (Chapitre III). D'autres auteurs ont trouvé de faibles ratios (n-6/n-3) par l'incorporation de graines de chia, de lin ou de colza dans l'alimentation des poulets de chair, justifiées par la forte teneur en ALA dans ces oléagineux (Ayerza et al., 2002 ; Apperson & Cherian, 2017 ; Kanakri et al., 2018). Il en est de même chez les pintades avec l'incorporation des graines de lin et de courge musquée (Chiroque et al., 2018).

L'augmentation de l'EPA et du DHA dans le filet des pintades nourries avec l'aliment GH, contenant 15% de TH riche en ALA précurseur de ces acides gras à longue chaine, pourrait indiquer que le TH n'affecte pas l'activité des enzymes delta 6 et 5 désaturase qui convertissent l'ALA en EPA et DHA (avec une plus grande affinité pour l'acide α-linolénique) (Yary et al., 2017), bien que Grobas & Mateos (1996) aient signalé une faible conversion d'ALA en DHA et en EPA chez les poules pondeuses. Apparemment, les pintades ont une plus grande activité enzymatique pour l'allongement et la désaturation des acides gras oméga-3 (Chiroque et al., 2018), bien que la justification de cette hypothèse par d'autres études soit nécessaire. Les EPA et DHA sont importants pour la formation des membranes cellulaires, indispensables à la croissance et au fonctionnement de l'organisme (Kinsella et al., 1990 ; Simopoulos, 2000).

L'ingestion d'aliment riche en AGS et pauvre en AGPI est considérée comme un facteur de risque pour la santé humaine (Siri-Tarino et al., 2015). Notre étude corrobore les conclusions de Chiroque et al. (2018), qui ont constaté que l'incorporation des graines d'oléagineux riches en AGPI n-3 (graines de lin et de courge musquée) dans l'alimentation des pintades diminue les teneurs en acides myristique et palmitique, et par conséquent, les AGS considérés comme des acides gras hypercholestérolémiques (Mir et al., 2003). Cela justifie la forte reduction du LDL-cholestérol et par conséquent du cholestérol total sérique observée chez les pintades nourries avec l'aliment GH (Chapitre IV) et chez les rats ayant reçu un aliment contenant 5% d'huile de graines d'hévéa (Nwokolo et al.,1988). En outre, d'autres études utilisant des graines riches en acides gras linoléique et α-linolénique, telles que le chia (Ayerza et al., 2002) et le colza (Kanakri et al., 2018) ont montré des résultats similaires dans la viande de poulet.

3. Intérêt de la consommation de la viande de pintade nourrie aux tourteaux d'hévéa par les populations en Côte d'Ivoire

Les maladies cardiovasculaires causent 79% des cas de décès dans les pays africains à revenu faible ou intermédiaire, bien plus que le syndrome d'immunodéficience acquise, le paludisme et la tuberculose réunis (Popkin, 2002). L'analyse des régimes alimentaires des populations de Côte d'Ivoire a montré un important déficit nutritionnel dû en partie à la baisse du pouvoir d'achat des ménages. L'alimentation dans les familles est essentiellement énergétique et elle ne permet pas aux enfants et aux populations vulnérables de satisfaire leurs besoins nutritionnels. De plus, les besoins en acides gras polyinsaturés indispensables à leur bonne santé n'ont aucune chance d'être assurés.

Les résultats de cette thèse montrent très clairement que la viande de pintade nourrie à l'aliment supplémenté en TH durant 84 jours, s'avère être une viande noble et diététique préférée par un jury de consommateurs. Elle pourrait être recommandée aux personnes présentant des facteurs de risque cardiovasculaire et pourrait améliorer le statut nutritionnel des populations rurales et urbaines à titre préventif de risque cardiovasculaire. De plus, la reduction du gras abdominal chez les pintades nourries au TH constitue un avantage financier pour le consommateur qui n'achète pas du gras. La jutosité, la tendreté et le goût de la viande de pintade, améliorés par le TH et expliqués par le niveau élévé de gras intramusculaire (Varnam & Sutherland, 1995) (Chapitre IV), favorisent et augmentent la consommation de cette viande par les enfants et les personnes âgées.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a permis de montrer que l'élevage de la pintade était pratiqué par des personnes de tous les niveaux sociaux, sans distinction de genre, de religion, d'ethnie ou de niveau d'étude. Cependant, tel que pratiqué dans les régions investiguées de la Côte d'Ivoire, l'élevage de pintades souffre dans l'ensemble d'une faible productivité. Les éleveurs, dont près de la moitié d'entre eux (45,7%) n'a pas été alphabétisée, manquent de technicité et d'encadrement. Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette faible productivité observée dans les élevages de pintades, dont les principaux sont l'alimentation déséquilibrée des pintades, la forte mortalité des pintadeaux et l'absence de géniteurs à caractères améliorés.

Les résultats de l'étude montrent que les graines d'hévéa sont d'un apport important dans les pays d'Afrique et d'Asie où l'élevage de pintades est présent et la production de caoutchouc est développée. En effet, malgré les températures élevées, la pintade française a affiché de bonnes performances. De plus, le tourteau de graines d'hévéa, avec des teneurs assez élevées en acides aminés essentiels et en acides gras polyinsaturés n-3, peut être une source potentielle d'approvisionnement de ces principaux nutriments pour les animaux et pourrait remplacer une source conventionnelle de protéine dans les rations de pintade, à un coût très bas. Notre étude a démontré que le remplacement partiel du tourteau de soja par du tourteau de graines d'hévéa dans l'alimentation des pintades n'avait aucun effet négatif sur la croissance, le rendement en carcasse et la qualité gustative de la viande, avec une très faible proportion de graisse abdominale et une faible teneur en triglycérides et cholestérol dans le sang. De plus, l'inclusion du tourteau de graines d'hévéa dans le régime alimentaire a enrichi les viandes de pintade en acides gras polyinsaturés, notamment en acides gras n-3, améliorant ainsi significativement leur valeur nutritionnelle et offrant une méthode alternative pour améliorer la qualité et la commercialisation de la viande de pintade. L'enrichissement de la viande de pintade en acides gras polyinsaturés oméga-3 dont le rôte dans la santé humaine n'est plus à démontrer notamment dans les pays où la consommantion de matière grasse est largement dominée par celles riches en acides gras saturés comme pour la Côte d'Ivoire. C'est ce qu'on observe chez les pintades nourries avec les aliments GI et GS. Cette viande diététique que pourraient produire les éleveurs vulnérables à l'insécurité alimentaire, leur permetrait d'améliorer leur statut nutritionnel et leur revenu financier. Ces différents résultats observés constituent une opportunité pour améliorer durablement la productivité de ces élevages par une utilisation correcte de graines

d'hévéa, une amélioration du système d'élevage et par la sélection. Cependant, la démarche scientifique retenue dans cette étude pourrait présenter des limites.

En effet, le tourteau d'hévéa ne peut pas être utilisé dans l'alimentation des pintadeaux de moins de 4 semaines d'âge. Il pourrait être toxique pour les jeunes oiseaux. Car l'analyse toxicologique de l'aliment contenant le tourteau de graines d'hévéa a consisté à déterminer la teneur en acide cyanhydrique qui n'est pas la seule toxine présente dans les graines d'hévéa.

De plus, la collecte des œufs dans plusieurs élevages n'est pas la meilleure méthode même si c'était la seule alternative pour produire des pintadeaux indigènes compte tenu du temps. Cette méthode augmente la variabilité de performance entre les pintadeaux qui en sont issus car les conditions d'élevage n'étaient pas les mêmes dans les différents élevages.

Concernant les pintades Galor, il serait mieux de les importer de la France pour leur fiabilité. En effet, les quelques éleveurs de pintades sélectionnées en système intensif qui se sont approvisionnés au même moment que nous ont observé des performances de croissance très faibles comparées aux nôtres. Ils se plaignaient de la dégradation progressive des performances des pintades du seul producteur de pintadeaux en Côte d'Ivoire.

Au vu de tous les résultats obtenus dans cette étude, nos futures recherches vont se focaliser sur :

- Meilleure caractérisation biochimique et toxicologique de la graine d'hévéa ;
- Croisement entre les pintades indigènes et les pintades sélectionnées afin d'associer la performance à la rusticité ;
- Meilleure intégration des graines d'hévéa dans l'alimentation d'autres espèces animales ;
- Valorisation de l'huile d'hévéa dans la peinture et l'industrie automobile ;
- Mise en place des filières tourteau d'hévéa et pintade en Côte d'Ivoire ;
- Mise en place de produits labellisés enrichis en AGPI n-3 ;

Toutefois, la stratégie finale à adopter devrait plutôt dépendre de la promotion de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DES PARTIES AUTRES QUE LES TROIS ARTICLES PUBLIES, SOUMIS OU A SOUMETTRE

Abedi E. & Sahari M.A., 2014. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. Food Science & Nutrition 2(5):443-463.

Abubakar M.B., Ambali A.G. & Tamjdo T., 2007. Elevage de poulets villageois : contraintes limitant la production de poulets villageois dans certaines zones du Nigeria et du Cameroun. Aviculture Familiale, 17(1-2):59-64.

Achinewhu S.C., 1982. The Saponin content of Nigeria oil seeds. *Qual plant*, *33*:3-9.

Agwunobi L.N. & Ekpenyong T.E., 1990. Nutritivive and economic value of guinea fowl (*Numida meleagris*) production in developing countries. Journal of Science of Food and Agriculture 52: 301-308.

Anthony J.S., Johnson A. & Schafer J., 2015. African American Clergy and Depression: What they know; What they want to know. J Cult Divers. Winter, 22(4):18-26.

Apperson K.D. & Cherian G., 2017. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. Poultry science, *96*(5):1228-1234.

Aremu M.O., Olonisakin A., Bako D.A. & Madu P.C., 2006. Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (Anarcadium occidentale) flour. *Pakistan journal of Nutrition*, *5*(4):328-333.

Atchibri L.O., Atcho O., Kouakou B. & Keli J., 2008. La graine d'hévéa appauvrie en acide cyanhydrique par la méthode de triple séchage offre un tourteau propre à la consommation de la poule pondeuse. Rev. Afr. Santé Prod. Anim., 6(3-4):195-198.

Avezard C., Guillevic M., Gariepy C. & Mourot J., 2009. Effet des acides gras n-3 de l'aliment sur le développement des adipocytes intra-musculaires et sur la composition en acides gras des lipides polaires et neutres du muscle de porc. In : 12 èmes Journées ''Sciences du Muscle et Technologies des Viandes''. Viandes et produits carnés, editor, Tour, France, 8 et 9 octobre 2009, 69-70.

Avit J-B.L.F., Pedia P.L. & Sankaré Y., 1999. Diversité biologique de la Côte d'Ivoire rapport de synthèse Ministère de l'Environnement et de la Forêt, Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

Ayerza R., Coates W. & Lauria M., 2002. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *Poultry Science*, *81*(6):826-837.

Avit J.B.L.F., Pedia P.L. & Sankaré Y., 1999. Diversite biologique de la Côte d'Ivoire-Rapport de synthese. Abidjan, Côte d'Ivoire : Ministere de l'Environnement et de la Forêt.

Avornyo F.K., Salifu S., Panyan E.K., Al-Hassan B.I., Ahiagbe M. & Yeboah F., 2016. Characteristics of guinea fowl production systems in northern Ghana: a baseline study of 20 districts in northern Ghana. Livestock Res. Rural Dev. 28. Accessed Oct. 2017. http://www.lrrd.org/lrrd28/8/avor28134.html.

Azeke M.A. & Ekpo K.E., 2009. Egg yolk cholesterol lowering effects of garlic and tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, *3*(12):1113-1117.

Babajide T. F., 1998. The effect of graded levels of cashew kernel meal on performance and carcass characteristics of broiler finishers. In B Tech Project ed. Ogbomoso, Nigeria : Departement of Animal Production and Health, Ladoke Akintola University of Technology, 1-10.

Baéza E., Juin H., Rebours G., Constantin P., Marche G. & Leterrier C., 2001. Effect of genotype, sex and rearing temperature on carcase and meat quality of guinea fowl. Br. Poult. Sci., 42(4):470-476.

Bakayoko K.V., 2016. Revue des filières bétail/viande & lait et des politiques qui les influencent en Côte d'Ivoire. FAO/CEDEAO : 114p.

Barceló-Coblijn G. & Murphy E.J., 2009. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. Progress in lipid research, *48*(6):355-374.

Bernacki Z., Bawej M. & Kokoszynski D., 2012a. Quality of meat from two Guinea fowl (*Numida meleagris*) varieties. Archiv Fur Geflugelkunde, 76:203-207.

Bernacki Z., Bawej M. & Kokoszyński D., 2012b. Carcass composition and breast muscle microstructure in guinea fowl (*Numida meleagris* L.) of different origin. Folia biologica, 60(3-4):175-179.

Bernacki Z., Bawej M. & Kokoszyński D., 2013. Quality of meat from two guinea fowl (*Numida meleagris*) varieties. Arch. Geflugelk., 76:203-207.

Belshaw R.H.H., 1985. Guinea fowl of the world. Liss, United Kindom, Nimrod Book Services, 128-129.

Blum J.C., Guillaume J. & Leclercq B., 1975. Studies of the energy and protein requirements of the growing guinea fowl. *Br. Poult. Sci.*, 16:157-168.

Blum J. & Leclercq B., 1979. Influence du niveau énergétique et de la granulation du régime sur les performances de croissance et l'engraissement du pintadeau. Comparaison avec le poulet. *Annales de zootechnie,* 28:261-269.

Bodji N.C., 1992. Elevage actuel en Côte-d'Ivoire : Situation actuelle et perspectives d'avenir. Congrès Régional de Cuniculture N 1, 15-20 Mars 1992 Cotonou (Bénin). Département Elevage de l'Institut de Savane de Bouaké. Annale de techniques d'élevage, 4-12.

Boko K.C., Kpodekon T.M., Dahouda M., Marlier D. & Mainil J.G., 2012. Contraintes techniques et sanitaires de la production traditionnelle de pintade en Afrique subsaharienne. Ann. Méd. Vét., 156:25-36.

Bouvarel I., Lessire M., Narcy A., Duval E., Grasteau S., Quinsac A. & Heuze V., 2014. Des sources de protéines locales pour l'alimentation des volailles : quelles voies de progrès ? *OCL*, *21*(4), D405. 6 p.

Buvanendran V. & Siriwardene J. A., 1970. Rubber seed meal in poultry diets. *Ceylon Veterinary journal, 18*(2):33-36.

CCA (Conseil Coton Anacarde), 2017. Compte rendu du bilan de la commercialisation des noix brutes de cajou au titre de l'année 2017 en Côte d'Ivoire. http://infoduzanzan.com/commercialisation-du-cajou-encote-divoire-voici-les-chiffres-de-la-campagne-2017/ (consulté 2 janv. 2018).

Chevalier P., Halewyn M.-A., 2007. Prions et farines carnées destinées à l'alimentation porcine : risques pour la santé humaine. Rapport scientifique. Institut national de santé publique Québec, Canada, 92 p.

Chiroque G., Vásquez G., Vásquez E., Más D., Betancur C., Ruiz C., Botello A. & Martínez Y., 2018. Growth Performance, Carcass Traits and Breast Meat Fatty Acids Profile of Helmeted Guinea Fowls (*Numida meleagris*) Fed Increasing Level of Linseed (*Linum usitatissimum*) and Pumpkin Seed (*Cucurbita moschata*) Meals. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *20*(4):665-674.

CIRAD, 1983. Utilisation des graines d'hévéa. GERDAT - FRA. 1983. *Revue Générale du Caoutchouc et des Plastiques*, 60 (629):69-70.

CNRA, 2017. Programme Productions d'élevage. Activités de recherche, Côte d'Ivoire.

CTA, 2008. Dossier Mini-élevage. Spore 133, 1-20.

Dahouda M., Toleba S.S., Youssao A.K.I., Mama Ali A.A., Ahounou S. & Hornick J.L., 2009. 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. *Ann. Méd. Vét*, *153*:82-87.

Dahouda M., 2009. 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. PhD diss., Université de Liège, Liège, Belgique. 174p.

Dehoux J.P., Buldgen A., Dachet P. & Dieng A., 1997. Influence de la saison et de la concentration énergétique de l'aliment sur les performances de croissance de pintadeaux (*Numida meleagris*) en région tropicale. Revue d'elevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, *50*(4):303-308.

Diabate H, 1981. Elevage traditionnel de la pintade en Haute Volta. Thèse de doctorat, 109p.

Dei H.K., Alidu I., Otchere E.O., Donkoh A., Boa-Amponsem K. & Adam I., 2009. Amélioration de la conduite des pintades locales (*Numida meleagris*). Aviculture Familiale, 18 (1-2):4-10.

Dogo N.N., N'Guetta M. & Neves E., 1999. L'anacardier, valorisation du faux fruit et du fruit. Dossier thématique. ENSIA-SIARC, Montpellier, France.

Dransfield E. & Sosnicki A.A., 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. Poultry science, 78(5):743-746.

Enderlin L. & Le Bras J., 1937. Production et Utilisation des Tourteaux d'Hévéa. Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 17(188):268-277.

ENV, 2015. Enquête sur le niveau de vie des ménages en Côte d'Ivoire, 91p.

Eka H.D., Tajul Aris Y. & Wan Nadiah W.A., 2010. Potential use of Malaysian rubber (*Hevea brasiliensis*) seed as food, feed and biofuel. Int. Food Res. J., 17:527-534.

Faergeman N.J. & Knudsen J., 1997. Role of long-chain fatty acyl-coA esters in the regulation of metabolism and in cell signalling. Biochimical journal, 323:1-12.

Fajemilehin S., 2010. Morphostructural Characteristics of Three Varieties of Greybreasted Helmeted Guinea Fowl in Nigeria. International Journal of Morphology, 28(2):557-562.

Fanatico A.C., Pillai P.B., Emmert J.L. & Owens C., 2007. Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed lownutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. Poultry Science, 86:2245-2255.

Farougou S., Kpodekon M., Tokannou R., Djossou V.D., Akoutey A. & Youssao I.A.K., 2006. Utilisation de la farine de Mucuna pruriens (L.) DC dans l'aliment de croissance des pintades (Numida meleagris). *Revue de médecine vétérinaire*, *157*(10):502-508.

Fasina F.O., Mohammed S.N., Onyekonwu O.N. & Wai M.D., 2007. Contribution de l'aviculture aux revenus des ménages : le cas de la municipalité de Jos South (Nigeria). Aviculture Familiale, 17(1-2):30-34.

FAO, 2008. Revue du secteur avicole, Côte d'Ivoire. 67p.

FAO, 2014. The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming. 139p.

Geoffroy F., Naves M., Saminadin G., Borel H. & Alexandre G., 1991. Use of non conventional feedstuffs by small ruminants. In : Compte rendu premières journées de la recherche ovine et caprine aux Antilles-Guyane, 9-10 oct. 1988, Fort de France, Martinique. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.,* 44 (n° spécial) :105-112.

Gongnet G.P, Sakande S., Parigi-Bini R. & Hane M.B., 1995. Influence des niveaux de protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (*Numida meleagris*) et du poulet de chair (*Gallus domesticus*) en milieu tropical sec. Revue de Médecine Vétérinaire, 146 (3):199-208.

Gono R.K., Svinurai W. & Muzvondiwa J.V., 2013. Constraints andopportunities to guinea fowl production in Zimbabwe: a case study of the Midlands Province, Zimbabwe. International Journal of Science and Research, 2(3):236-239.

Gous R.M., Moran Jr E.T., Stilborn H.R., Bradford G.D. & Emmans G.C., 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science*, *78*(6):812-821.

Grobas S. & Mateos G., 1996. Influencia de la Nutricion sobre la composicion Nutricional del Huevo. XII Curso de Especializacion FEDNA. Madrid, Espana., p. 25.

Guèye E.F., 2005. Gender aspects of family poultry management systems in developing countries. World's Poultry Science Journal 61:39-46.

Hejnowska M., Pudyszak K. & Luther R., 1999. Effect of origin on microstructure of *m. pectoralis superficialis* and certain performance traits of Japanese quails. Zesz. Nauk. Prz. Hod. 45: 83-90.

Horst F. & Clavé H., 2007. Adaptation diets for optimal growth of the guinea fowl in red label during the startup phase. *Actes des 7èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 28 et 29 mars 2007*, 174-177.

Houndonougbo V.P., 2017. Caractérisations phénotypiques des populations de pintades (*Numida meleagris*) locales élevées au Bénin. PhD diss., Université de Liège, Liège, Belgique, 116p.

Houndonougbo P.V., Mota R.R., Chrysostome A.A.C., Bindelle J., Hammami H. & Gengler N., 2017. Growth and carcass performances of Guinea fowls reared under intensive system in Benin. Livest Res Rural Dev, 29:10-16.

INRA, 1991. L'alimentation des monogastriques : porc, lapin, volailles. 2e édition, ISBN : 2-7380-0139-4, 282p

INS, 2012. Côte d'Ivoire : Evaluation de la Sécurité Alimentaire en Situation d'Urgence, 65p.

Joseph J.K, Awosanya B, Adeniran A.T & Otagba U.M., 1997. The effects of end-point internal cooking temperatures on the meat quality attributes of selected Nigerian Poultry meats. Food Quality and Preference 8(1):57-61.

Kanakri K., Carragher J., Hughes R., Muhlhausler B. & Gibson R., 2018. The effect of different dietary fats on the fatty acid composition of several tissues in broiler chickens. European Journal of Lipid Science and Technology, 120(1):1-13.

Kanga K., 2006. Aide d'urgence pour la détection rapide et la prévention de la grippe aviaire en Afrique de l'Ouest : Cas de la Côte d'Ivoire.

Kasperska D., Korytkowska H. & Kokoszyñski D., 2011. Effect of age and sex on body weight and body dimensions of pearl grey guinea fowl (*Numida meleagris L.*). Acta Sci. Pol., Zootechnica, 10(3):39-44.

Kerketta N. & Mishra S., 2016. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of pearl and lavender varieties of guinea fowl (*Numida Meleagris*) in tropical climate of chhattisgarh, Jurnal of Veterinary Science & Research, India.

Khan M.I., Jo C. & Tariq M.R., 2015. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors-a systematic review. Meat Science, 110:278-284.

Kinsella J.E., Lokesh B. & Stone R.A., 1990. Dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. The Americam Journal Clinical Nutrition, 52(1):1-28.

Klosowska D., Elminowska-Wenda G., Luter R., Rosi-Ñski A., Baéza E., Guy G., & Salichon M.R., 1998. Microstructure of *m. pectoralis superficialis* of the White Italian and Landaise geese. Zesz. Nauk. Prz. Hod., 36:77-86.

Koffi K.F., Angbo-Kouakou C.E.M., Kouassi G.F., Koné G.A., Amoikon K.E. & Kouba M., 2016. Effet d'un aliment commercial de poules pondeuses sur la teneur en cholestérol du jaune des œufs de cailles (*Coturnix coturnix japonica*) produits en Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 101(1):9610-9617.

Kokoszyński D., Bernacki Z., Korytkowska H., Wilkanowska A. & Piotrowska K., 2011. Effect of age and sex on slaughter value of guinea fowl (*Numida meleagris*). Journal of Central European Agriculture, 12(2):255-266.

Kozaczynski K.A., 1998. Body mass and conformation traits in four breeds of guinea fowl. Pakistan J. Biol. Sci. 1:315-317.

Koné G.A., Kouassi G.F., Kouakou N.D.V. & Kouba M., 2018. Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast. Poultry science, 97(12):4272-4278.

Koné G.A., Kouakou N.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Kouamé K.B., Yéboué F.de P. & Kouba M., 2016. Etude Préliminaire De La Valorisation Des Tourteaux D'hévéa, D'anacarde Et De Pourghère Chez Les Porcs Durant La Gestation Et La Lactation. European Scientific Journal, ESJ, 12(30):11-22.

Koné S. & Danho T., 2008. Revue du secteur avicole, Côte d'Ivoire. FAO, Rome, Italy.

Konlan S.P., Avornyo F.K, Karbo N. & Sulleyman A., 2011. Increasing Guinea Fowl Eggs Availability and Hatchability in the Dry Season, J. World's Poult. Res. 1(1):1-3.

Kouakou N'G.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouamé K.B., Yéboué F.de P. & Kouba M., 2018. Enhancement of rubber kernel and cashew nut cakes in the diet of postweaning and growing pigs. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 71 (1-2):81-85.

Kouba M. & Mourot J., 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. Biochimie 93: 13-17.

Koue Bi T.M., Yaokokoré-Beibro K.H., Kasse B.K. & Kouassi P.K., 2017. Données ethnozoologiques sur l'utilisation des oiseaux dans la médecine traditionnelle chez le peuple Gouro de la Marahoué de Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement. 18p.

Lacroix E., 2003. Les anacardiers, les noix de cajou et la filière anacarde à Bassila et au Bénin. *Térra Systems*.

Lammers P.J., Carlson S.L., Zdorkowski G.A. & Honeyman M.S., 2009. Reducing food insecurity in developing countries through meat production: the potential of the guinea pig (*Cavia porcellus*), Renewable Agriculture and Food Systems, 24(2):155-162.

Latham M.C., 2001. La nutrition dans les pays en développement, FAO, Rome.

Laudadio V., Ceci E., Lastella N.M.B. & Tufarelli V., 2015. Dietary high-polyphenols extra-virgin olive oil is effective in reducing cholesterol content in eggs. Lipids Health Dis., 14:1-7.

Laudadio V., Nahashon S.N. & Tufarelli V., 2012. Growth performance and carcass characteristics of guinea fowl broilers fed micronized-dehulled pea (*Pisum sativum* L.) as a substitute for soybean meal. *Poultry Science*, *91*(11) : 2988-2996.

Le Coz-Douin J., 1992. L'élevage de la pintade. Nancy, France: Editions du point vétérinaire. 252p

Lebas F., Coudert P., Rochambeau H.D. & Thebault R.G., 1996. Le Lapin : Elevage et pathologie. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome 1996. Collection FAO *:* Production et santé animales*,* 19:40-120.

Legrand P., 2005. Les oméga 3: nature, rôles, besoins et formes d'apport. Médecine et nutrition, 41(3):109-115.

Linnaeus, C. 1758. Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Holmiæ. (Salvius). Tomus I:1-824.

Lopez-Ferrer S., Baucells M.D., Barroeta A.C., Galobart J. & Grashorn M.A., 2001. n-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of longchain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. Poultry Science, 80(6):753-761.

López-Pedrouso M., Cantalapiedra J., Munekata P.E., Barba F.J., Lorenzo J.M. & Franco D., 2019. Carcass Characteristics, Meat Quality and Nutritional Profile of Pheasant, Quail and Guinea Fowl. In More than Beef, Pork and Chicken-The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet : pp269-311. Springer, Cham.

MAAF, 2015. Les politiques agricoles à travers le monde-Quelques exemples : cas de la Côte d'Ivoire.http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/1506-ci-resinter-fi-cote-ivoire.pdf (consulté 12 juil. 2017).

Madubuike F.N., Ekenyem B.U. & Obih T.K.O., 2006. Performance and cost evaluation of substituting rubber seed cake for groundnut cake in diets of growing pigs. *Pakistan J. Nutr.*, 5:59-61.

Madzimure J., Saina H. & Ngorora G.P.K., 2011. Market potential for guinea fowl (Numidia meleagris) products. Trop. Anim. Heatlh Prod. 43:1509-1515.

Mir P.S., Ivan M., He M.L., Pink B., Okine E., Goonewardene L. & Mir Z., 2003. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: A review. Canadian Journal of Animal Science, 83(4):673-685.

MIRAH, 2013. Production, Importation et Consommation de 2005 à 2013. Données statistiques, Côte d'Ivoire.

Mishra S., Kataria J.M., Sah R.L., Verma K.C. & Mihra J.P., 2002. Studies on the pathogenicity of Newcastle disease virus isolate in guinea fowl. Trop. Anim. Health. and Prod., 33:313-320.

Mondry R., 2016. L'élevage des cailles en zone tropicale. Collection PRO-AGRO. 32p.

Moreki J.C. & Seabo D., 2012. Guinea fowl production in Botswana. Journal of World's Poultry Research, 2(1):1-4.

Mourot J., Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour la viande de porcs et autres monogastriques? Oléagineux, Corps gras, Lipides 17(1):37-42.

Moussa A.B., Idi A. & Benabdeljelil K., 2010. Aviculture familiale rurale au Niger : alimentation et performances zootechniques. Aviculture Familiale, 19(1):3-10.

Mróz E., Tomaszewska K., Michalik D., Makowski W., Stępińska M. & Kubińska M., 2016. Effect of genotype, sex and age on plumage maturity, and body weight of guinea fowl *(Numida meleagris).* Ann. Anim. Sci., 16(1):245-257.

Mundra B.L., Raheja K.L. & Singh H., 1993. Genetic and phenotypic parameter estimates for growth and conformation traits in guinea fowl. *Indian Journal of Animal Sciences*, 63(4):445-450.

Musa H.H., Chen G.H., Cheng J.H., Li B.C. & Mekki D.M., 2006. Study on carcass characteristics of chicken breeds raised under the intensive condition. *Int. J. Poult. Sci*, 5(6):530-533.

Musundire M.T., Halimani T.E. & Chimonyo M., 2017. Physical and chemical properties of meat from scavenging chickens and helmeted guinea fowls in response to age and sex. British Poultry Science, 58(4):390-396.

Nahashon S.N., Adefope N. & Wright D., 2011. Effect of floor density on growth performance of Pearl Grey guinea fowl replacement pullets. Poultry Sci., 90:1371-1378.

Nahashon S. N., Adefope N., Amenyenu A. & Wright D., 2005. Effect of dietary Metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. Poult. Sci., 84:337-344.

Nahashon S.N., S.E. Aggrey S.E., Adefope A., Amenyenu A. & Wright D., 2006a. Modeling growth characteristics of meat type guinea fowl. Poult. Sci., 85:943-946.

Nahashon S.N., Aggrey S.E., Adefope N.A., Amenyenu A. & Wright D., 2010. Gompertz-Laird model prediction of optimum utilization of crude protein and metabolizable energy by French guinea fowl broilers. Poultry Science, 89:52-57.

Nahashon S.N., Adefope N., Amenyenu A. & Wright D., 2006b. Effect of varying metabolizable energy and crude protein concentrations in diets of Pearl Grey guinea fowl pullets: 1. Growth performance. Poult. Sci., 85:1847-1854.

Nahashon S.N., Adefope N., Amenyenu A. & Wright D., 2007. Effect of Varying Concentrations of Dietary Crude Protein and Metabolizable Energy on Laying Performance of Pearl Grey Guinea Fowl Hens. Poultry Science, 86:1793-1799.

Nobo G., Moerki J.C. & Nsoso S.J., 2012. Growth and carcass characteristics of helmeted guinea fowl (*Numida meleagris*) fed varying levels of Phane Meal (*Imbrasia belina*) as replacement of fishmeal under intensive system. International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences, *6*, 296-306.

Nsoso S.J., Seabo G.M., Kgosiemang J., Molatlhegi S.G., Mokobela M., Chabo R.G. & Mine O.M., 2003.Performance of progeny of wild and domesticated Guinea fowl (*Numida meleagris*) in Southern Botswana.S. Afr. J. Anim. Sci., 4(1):46-51.

Nwagu B.I. & Alawa C.B.I., 1995. Guinea fowl production in Nigeria. World's Poult. Sci. J.,51:260-270.

Nwokolo E., Kitts D.D. & Kanhai J., 1988. Serum and liver lipids of rats fed rubber seed oil. Plant Foods for Human Nutrition, 38(2):145-153.

Obike O.M., Oke U.K. & Azu K.E., 2012. Phenotypic correlations among body weight, external and internal egg quality traits of pearl and black strains of guinea fowl in humid tropical environment. Journal of Animal Science Advances, 2(10):857-864.

Odunsi A.A., 2002. Effect of feeding reject cashew Kernel meal on pre and early-laying performance of pullet. Archiv. Zootec. 51:423-429.

Offiong S.A. & Olumu J.M., 1990. Effect of feeding raw, toasted, cooked or autoclaved full fat soyabean on the growth of broiler chicken. Trop. Agri. Trinidad, 3:297-302.

Okine C.A., Teye G.A. & Dei H.K., 2009. Effects of processed Mucuna pruriens beans on carcass characteristics of broiler chicken. In proceedings of the Ghana Society of Animal Production (GSAP), 16th Biennial conference. 145-147.

Oluwasola A.J., 2006. Growth indices and muscle development in broiler-chickens fed equi-protein replacement of soyabean meal with discarded cashew nut meal. J. Poult. Sci., 43(3):215-221.

Oluyemi J.A., Fetuga B.L. & Endely H.N., 1975. The metabolisable energy value of some feed ingredients in young chicks. Poult. Sa. Jn., 53 : 611-618.

OMS, 2014. Statistiques sanitaires mondiales, 182p.

Ononogbo, I. C. 1998. Proximate analysis of whole rubber seed. Lipid and lipoprotein research centre.

Ouattara S., Bougouma-Yaméogo, V.M.C., Nianogo A.J. & Savadogo B., 2017. Influence de la substitution des graines de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du taux de protéines du régime sur les performances des pintadeaux de race locale au Burkina Faso. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, *69*(3):117-123.

Oyewusi P.A., Akintayo E.T. & Olaofe O., 2007. The proximate and amino acid composition of defatted rubber seed meal. Journal of Food Agriculture and Environment, *5*(3-4):115-118.

Pâquerette, 2010. Les pintades et leurs coloris rares. http://association-ferme.org/article-les-pintades-et-leurs-coloris-rares-48768373.html.

Peiretti P.G., Mussa P.P., Prola L. & Meineri G., 2007. Use of different levels of false flax (*Camelina sativa* L.) seed in diets for fattening rabbits. Livest. Sci., 107:192-198.

Piva G. E., Santi E. & Ekpeyoung T., 1971. Nutritive value of cashewnut extraction meal. J. Sci. Fd. Agric., 22(1):22-23.

PNUD, 2007. Document de programme de pays pour la Côte d'Ivoire (2009-2013). Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour le Développement et du Fonds des Nations Unies pour la Population. ONU DP/DCP/CIV/1. 1-5p.

Ponte P.I.P., Mendes I., Quaresma M., Aguiar M.N.M., Lemos J.P.C., Ferreira L.M.A., Soares M.A.C., Alfaia C.M., Prates J.A.M. & Fontes C.M.G.A., 2004. Cholesterol levels

and sensory characteristics of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa. Poult. Sci., 83:810-814.

Popkin B.M., 2002. The shift in stages of the nutritional transition in the developing world differs from past experiences! Public Health Nutrition, 5:205-214.

Premavalli K., Omprakash A.V., Senthilkumar R.P. & Natarajan A., 2018. Comparative Meat Fatty Acid Profile of Pearl and White Guinea Fowls. Indian Veterinary Association, 95 (9):21-23.

Quiniou N., Primot Y., Peyronnet C., Quinsac A., 2011. Des aliments porcs moins riches en protéine et formulés à base de tourteau de colza et d'acides aminés de synthèse dont la L-valine permettent de réduire le recours au tourteau de soja. *J. Rech. Porcine*, 43:135-136.

Rajaguru A. & Wettimung S.G.D., 1973. Rubber seed meal as a protein supelement in poultry feeding. Rubber Res. Inst. *Srilangka Bull*, (7).

RGPH, 2014. Recensement Général de la Population et de l'Habitat - résultats globaux, 25p.

Rolfe D.F.S. & Brand M.D., 1997. The physiological significance of mitochondrial proton leak in animal cells and tissues. Bioscience Reports 17:9-16.

Rymer C., Gibbs R.A. & Givens D.I., 2010. Comparison of algal and fish sources on the oxidative stability of poultry meat and its enrichment with omega-3 polyunsaturated fatty acids. Poult. Sci., 89:150-159.

Saina H., Kusina N.T., Kusina J.F., Bhebhe E. & Lebel S., 2005. Guinea fowl production by indigenous farmers in Zimbabwe. Livestock Res. Rural Dev. 17 (suppl. 9). Accessed Oct. 2017. http://www.lrrd.org/lrrd17/9/sain17101.htm.

Salimon J. & Abdullah B.M., 2009. A study on the thermal properties and solid fat content of Malaysian rubber seed oil. Malays. J. Anal. Sci., 13:1-7.

Salimon J., Abdullah B.M. & Salih N., 2012. Rubber (*Hevea brasiliensis*) seed oil toxicity effect and Linamarin compound analysis. Lipids in Health and Disease 11 (74). 8p.

Sanfo R., Boly H., Sawadogo H. & Brian O., 2008. Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, *61*(2):135-140.

Sanfo R., Boly H., Sawadogo L. & Brian O., 2012. Performances de ponte et caractéristiques des œufs de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système de

conduite améliorée dans la région centre du Burkina Faso. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 65(1-2):25-29.

Sanfo R., Boly H., Sawadogo L. & Ogle B., 2007. Caract´eristiques de l'elevage villageois de la pintade locale (*Numida meleagris*) au centre du Burkina Faso. Tropicultura, 1:31-36.

Sanni S.A. & Ogundipe S.O., 2005. Economics of some modules of poultry production in Kaduna state. *Nigerian Journal of Animal Production*, 32(1):102-107.

Sarica M., Ocak N., Karacay N., Yamak U., Kop C. & Altop A., 2009. Growth, slaughter and gastrointestinal tract traits of three turkey genotypes under barn and free-range housing systems. Br. Poult. Sci. 50:487-494.

Sayila A., 2009. Guinea fowl farming becomes popular in Botswana. *World Poultry*, *25*(10):30-31.

Schutte J. B., 1987. Utilization of synthetic amino acids in poultry. Pages 11-12 in 6th European Symposium on Poultry Nutrition, WPSA, Konigslutter, Germany.

Seabo D., Moreki J.C., Bagwasi N. & Nthoiwa G.P., 2011. Performance of guinea fowl (*Numida meleagris*) fed varying protein levels. Online Journal of Animal and Feed Research, 1(6):255-258.

Sharma R.K., 2007. Rôle et pertinence de l'aviculture familiale rurale dans les pays en voie de développement : cas particulier de l'Inde. Aviculture Familiale 17(1-2):35-41.

Simopoulos A.P., 1991. *Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development.* The American Journal of Clinical Nutrition, 54(3):438-463.

Simopoulos A.P., 2000. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. Poultry Science, 79(7):961-970.

Siri-Tarino P.W., Chiu S., Bergeron N. & Krauss R.M., 2015. Saturated fats versus polyunsaturated fats versus carbohydrates for cardiovascular disease prevention and treatment. Annual Review of Nutrition, 35:517-543.

Smith D.P., Fletcher D.L., Buhr R.J. & Beyer R.S., 1993. Pekin duckling and broiler chicken pectoralis muscle structure and composition. Poultry Science, 72(1):202-208.

Sonaiya E.B. & Swan S.E.J., 2004. Production en aviculture familiale. FAO, Rome, 135p.

Storlien L.H., Higgins J.A., Thomas T.C., Brown M.A., Wang H.Q., Huang X.F. & Else P.L., 2000. Diet composition and insulin action in animal models. British journal of nutrition, *83*(S1):S85-S90.

Syfia International, 2004. Impact des importations de volailles en Afrique de l'Ouest. Infosud. Belgique, Agence de Presse, 42p.

Tejerina D., Lopez-Parra M.M. & García-Torres S., 2009. Potential used of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat physico-chemical composition of Guinea fowl (*Numida meleagris*) reared under different production systems. Food Chem 113:1290-1296.

Teye G.A, Gyawu P. & Agbolosu A.A., 2001. Growth Potential and Carcass Yield of Exotic and Indigenous Guinea Fowl in Ghana. J. Univ. Dev. Stud., Tamale, Ghana. 1 : 43-49.

Tjetjoo S.U., Moreki J.S., Nsoso S.J. & Madibela O.R., 2013. Growth Performance of Guinea Fowl Fed Diets Containing Yellow Maize, Millet and White Sorghum as Energy Sources and Raised under Intensive System. Pakistan Journal of Nutrition, 12(4):306-312.

Tlhong T.M., 2008. Meat quality of raw and processed guinea fowl (*Numeda meleagris*). PhD diss., Stellenbosch: Stellenbosch University, 129p.

Todorčević M. & Hodson L., 2016. The effect of marine derived n-3 fatty acids on adipose tissue metabolism and function. *Journal of clinical medicine*, *5* (1):3.

Tufarelli V., Demauro R. & Laudadio V., 2015. Dietary micronized-dehulled white lupin (*Lupinus albus L.*) in meat-type guinea fowls and its influence on growth performance, carcass traits and meat lipid profile. *Poultry science*, *94*(10):2388-2394.

Tufarelli V., Dario M. & Laudadio V., 2007. Effect of xylanase supplementation and particle-size on performance of guinea fowl broilers fed wheat-based diets. Int. J. Poult. Sci., 4:302-307

Tufarelli V. & Laudadio V., 2015. Feeding of dehulled-micronized faba bean (*Vicia faba* var. minor) as substitute for soybean meal in Guinea fowl broilers: effect on productive performance and meat quality. Asian Australas J Anim Sci 28:1471-1478.

Udo M.D., Ekpo U. & Ahamefule F.O., 2018. Effects of processing on the nutrient composition of rubber seed meal. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17(3):297-301.

Varnam A.H. & Sutherland J.P., 1995. The colour of meat. In Meat and meat products-technology, chemistry and micro biology (p. 26). Chapman & Hall, London. https://books.google.fr/books?hl=en&lr=&id=kiSJbpVy1IgC&oi=fnd&pg=PP9&dq=Varnam+%26+Sutherland,+1995&ots=ci57xfZQvP&sig=pqV9u0c5xwKdiP082F23EEHx9VM#v=onepage&q=Varnam%20%26%20Sutherland%2C%201995&f=false.

Wallace P.A., Nyameasem J.K., Aboagye G.A., Affedzie-Obresi S., Nkegbe K., Murray F., Botchway V., Karbo N., Leschen W., Maquar P.-O. & Clottey V., 2018. Effects of replacing fishmeal with black soldier fly larval meal in the diets of grower-finishing guinea fowls reared under tropical conditions. *Tropical animal health and production*, *50*(7):1499-1507.

Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I. & Whittington F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat science, *78*(4):343-358.

Yamak U.S, Sarica M., Boz M.A. & Ucar A., 2016. Growth traits of guinea fowl in different production systems. *Scientific Papers, Series D. Animal Science* 59:65-68.

Yamak U.S, Sarica M., Boz M.A. & Ucar A., 2018. Effect of production system (barn and free range) and slaughter age on some production traits of guinea fowl. Poult. Sci., 97:47-53.

Yao K.S.A., Kimse M., Soro D. & Fantodji A., 2013. Effet de l'incorporation de la noix de cajou dans les rations alimentaires sur les performances de croissance des porcs : Phases post-sevrage et de croissance. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7*(2):479-488.

Yary T., Voutilainen S., Tuomainen T.P., Ruusunen A., Nurmi T. & Virtanen J.K., 2017. Omega-6 polyunsaturated fatty acids, serum zinc, delta-5-and delta-6-desaturase activities and incident metabolic syndrome. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 30(4):506-514.

Zelenka, J., Schneiderova, D., Mrkvicova, E., & Dolezal, P. (2008). The effect of dietary linseed oils with different fatty acid pattern on the content of fatty acids in chicken meat. Veterinarni medicina, *53*(2):77-85.

Zvakare P., Mugabe P.H. & Mutibvu T., 2018. Guinea fowl (*Numidia meleagris*) production by small-holder farmers in Zimbabwe. *Trop. Anim. Health Prod., 50*(2):373-380.

ANNEXES

FORMULAIRE TABLE ELEVEUR I

TABLE ELEVEUR I

N°	0	Durée travail main d'oeuvre temporaire (h)	0,00 €
I Identification du site d'enquête		Renumeration main d'oeuvre permanente (FCFA/h)	0,00 €
Région		Renumeration main d'oeuvre temporaire (FCFA/h)	0,00 €
Département		IV Elevage	
Sous-Préfecture		Type d'élevage	
Village		Systeme d'élevage	
II Identification du producteur		Nombre de pintadeaux	0
Nom		Nombre de jeunes pintades	0
Prénoms		Nombre de pintades adultes	0
Sexe		Nombre de males gris perle	0
Contact	0	Nombre de males blancs	0
Age		Nombre de males autre couleur de plumage	0
Nationalité		Nombre de femelles gris perle	0
Religion		Nombre de femelles blancs	0
Niveau d'étude		Nombre de femelles autre couleur de plumage	0
Profession		Nombre de pintadeaux en saison des pluies	0
Situation matrimoniale		Nombre de jeunes en saison des pluies	0

Nombre d'épouses		Nombre d'adulte en saison des pluies	0
Nombre d'enfants		Nombre de pintadeaux en saison sèche	0
Durée de l'activité (en mois)	0	Nombre de jeunes en saison sèche	0
III Qualification de la main d'oeuvre		Nombre d'adulte en saison sèche	0
Qualification main d'oeuvre permanente		Nombre de males	0
Qualification main d'oeuvre temporaire		Nombre de femelles	0
Durée travail main d'oeuvre permanente (h)	0		

FORMULAIRE TABLE ELEVEUR II

TABLE ELEVEUR II

N°	0	Taux d'éclosion avec la poule en saison seche	0
V Objectif de production		Taux d'éclosion avec la poule en saison pluvieuse	0
Objectif de production		Taux d'éclosion avec la pintade en saison seche	0
Nombre de males produits	0	Taux d'éclosion avec la pintade en saison pluvieuse	0
Nombre de femelles produites	0	Taux d'éclosion avec la couveuse	0
Nombre d'oeufs produits	0	Comment savoir que l'oeuf produira un poussin	
Source de financement		Instrument de mirage	
VI Acquisition du cheptel		Nombre de ponte de la pintade par an	0
Mode d'aquisition du cheptel		Nombre moyen de pintadeaux par pintade par an	0
Nombre de males acquis	0	Age des pintadeaux au sevrage/arrêt de chauffage	0
Nombre de femelles acquise	0	Durée de carrière de la femelle	0
Nombre d'oeufs acquis	0	Sexe ratio (nbr femelles/male)	0
Mode d'approvisionnement		Lieu de ponte des femelles	
VII Rreproduction du cheptel		Detection du lieu de ponte	
Age d'entree en ponte	0	Perte d'oeuf	
Nombre d'oeufs par semaine en debut de ponte	0	Type de prédateurs	
Nombre d'oeufs par semaine en milieu de ponte	0	Age de la maturité sexuelle des males	0
Nombre d'oeufs par semaine en fin de ponte	0	Durée de carrière du male	0

Couleur la plus fréquente des oeufs		Saisons favorables pour la ponte	
Couleur d'oeufs préférée par les clients		Saisons favorables pour l'éclosion	
Nombre d'oeufs par pintade par couvaison	0	Saisons favorables à la mortalité des pintadeaux	
Durée moyenne d'incubation saison seche	0	Sélection des oeufs pour la reproduction	
Durée moyenne d'incubation saison pluvieuse	0	Sélection des males pour la reproduction	
Nombre moyen d'oeufs par femelles par an	0	Sélection des femelles pour la reproduction	
Nombre d'oeufs par poule par couvaison	0	Quelles méthodes utilisez-vous augmenter la production d'oeufs?	

FORMULAIRE TABLE ELEVEUR III

TABLE ELEVEUR III

N°	0	Type d'habitat des pintadeaux	
VIII Alimentation du cheptel		Habitat pour adultes	
Alimentation des pintadeaux		Type d'habitat des adultes	
Fréquence de distribution pour pintadeaux	0	Taux de mortalité des pintadeaux	0
Aliments des pintadeaux		Causes mortalité des pintadeaux	
Alimentation des jeunes		Taux de mortalité des jeunes	0
Fréquence de distribution pour jeunes	0	Causes mortalité des jeunes	
Aliments des jeunes		Taux de mortalité des adultes	0
Alimentation des adultes		Causes mortalité des adultes	
Fréquence de distribution pour adultes	0	XII Commercialisasion	
Aliments des adulte		Nombre d'oeufs vendus par mois	0
Lieu d'approvisionnement en aliment		Nombre de pintadeaux vendus par mois	0
Coût des aliments (FCFA/kg)	0	Nombre de males vendus par mois	0
IX Matériel et infrastructure de l'élevage		Nombre de femelles vendues par mois	0
Abreuvoirs		Prix d'un oeuf de pintade	0
Nombre d'abreuvoirs	0	Prix d'un pintadeaux	0
Mangeoires		Prix d'un male	0

Nombre de mangeoires	0	Prix d'une femelle	0
Pondoirs		Lieu de vente	
Nombre de pondoirs	0	Mode de vente	
Habitat pour pintadeaux			