

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union - Discipline – Travail

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Institut National Polytechnique Félix
HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro



École Doctorale Polytechnique

THÈSE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY

Mention : Sciences Agronomiques et Génie Rural

Spécialité : Alimentation et Nutrition Animale

Thème :

**Effets de la durée de distribution d'un aliment commercial
supplémenté de graines d'*Euphorbia heterophylla* ou de
tourteau de graines d'*Hevea brasiliensis* sur la qualité des
œufs de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire**

Présentée et soutenue publiquement le 19/ 12/ 2019 par

KOUASSI Gouha Firmin

JURY

M. YAO Kouassi Benjamin	Professeur Titulaire, INP-HB, Côte d'Ivoire	Président
M. KOFFI Kouadio Ernest	Professeur Titulaire, UFHB, Côte d'Ivoire	Rapporteur
M. SORO Dofara	Maître de Conférences, UNA, Côte d'Ivoire	Rapporteur
M. KIMSÉ Moussa	Maître de Conférences, UNA, Côte d'Ivoire	Examineur
Mme KOUBA Maryline	Professeur Titulaire, Agrocampus-Ouest, France	Co-Directeur de thèse
M. ASSIDJO N. Emmanuel	Professeur Titulaire, INP-HB, Côte d'Ivoire	Co-Directeur de thèse

DÉDICACE

Cette présente Thèse est dédiée à :

- Feue KOUAMÉ Aya, ma mère qui m'a tout donné en acceptant de me scolariser,
- OUSSOU Kouassi, mon père, qui continue de me soutenir par ses prières,
- Mon épouse, KOUASSI Ahou Jeanne Félicité qui a accepté la distance pendant ces années de thèse. Ta compréhension et tes prières m'ont permis aujourd'hui de terminer ce mémoire. Merci pour ton soutien au niveau social et académique. Que Dieu te comble de bonheur ! A mes enfants, Edwige et Daniel, merci de nous avoir compris pendant ces moments difficiles.
- Mes frères KOUASSI Kouamé Sévérin, KOUASSI Konan Raphaël, YAO Kouadio Jules, KOUAMÉ N'Goran Jean Claude et mes sœurs KOUASSI Akissi Viviane et YAO Amino Patricia, merci pour vos soutiens qui ne m'ont jamais fait défaut.

Que le seigneur se souvienne de chacun !

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, mes remerciements s'adressent à :

Monsieur KOFFI N'Guessan, Directeur Général de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Professeur YAO Kouassi Benjamin, Directeur de l'École Doctorale Polytechnique (EDP), Docteur SORO Doudjo, Directeur des études de l'EDP et Docteur KOUAKOU Kouadio Paul-Martial, Directeur du Département Agriculture et Ressources Animales (ARA). Merci chers responsables pour vos conseils !

Madame KOUBA Maryline, Professeur titulaire, enseignante chercheuse à Agrocampus Ouest et à l'Institut National de Recherche Agronomique de Rennes (France). Groupe : Unité Mixte de Recherche Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage (PÉGASE), ma Co-Directrice de thèse. Merci Professeur d'avoir accepté de diriger cette thèse. Votre implication dans cette thèse a été nécessaire pour son achèvement. Que le Seigneur puisse vous récompenser pour tous vos efforts !

Monsieur ASSIDJO Nogbou Emmanuel, Professeur Titulaire, enseignant chercheur au DFR-GCAA, Expert en Techniques d'Optimisation et Responsable du Groupe Nutrition et Technologie Alimentaire (GNTA), Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles, mon Co-Directeur de thèse. Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude ; sans m'avoir vu, vous avez accepté de m'encadrer. Vos conseils m'ont été très utiles. Que le Seigneur vous accorde la force de toujours aider !

Monsieur YAO Kouassi Benjamin, Professeur Titulaire qui a accepté de présider le jury de cette thèse. Mon infinie gratitude aux rapporteurs que sont Monsieur KOFFI Kouadio Ernest, Professeur Titulaire à l'Université Félix Houphouët Boigny et Monsieur SORO Dofara, Maître de Conférences à l'Université Nangui Abrogoua pour avoir accepté de juger et évaluer ce travail de thèse. J'exprime mes remerciements à Monsieur KIMSÉ Moussa, Maître de Conférences à l'Université Nangui Abrogoua d'avoir accepté d'examiner cette thèse.

Monsieur KOUAKOU N'Goran David Vincent, Maître de Conférences et Enseignant Chercheur au DFR-ARA, Directeur des écoles préparatoires de l'INP-HB. Merci de m'avoir donné des Directeurs de thèse.

Monsieur KONÉ Gningnini Alain, Enseignant-chercheur au DFR-ARA. Je voudrais vous remercier, cher frère pour toutes les aides financières et autres contributions dont j'ai pu bénéficier de votre part.

Monsieur AMOIKON Kouakou Ernest, Professeur titulaire. Je suis particulièrement sensible à l'honneur que vous m'avez fait en acceptant que je vienne faire ma thèse à l'INP-HB. Merci Professeur pour tous les enseignements reçus de votre part. Que Dieu vous bénisse !

Tous les enseignants de l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët Boigny, je voudrais vous témoigner mon infinie gratitude pour les enseignements reçus de votre part.

Docteur TIHO Tagouelbe, enseignant-chercheur au DFR-ARA. Je voudrais du plus profond de mon être vous remercier pour votre humanisme et pour le soutien financier et moral dont j'ai pu bénéficier de votre part. Que le Seigneur vous bénisse !

Docteurs KACOU Ernest, NOGBOU Arsène et YAO N'Guessan Jean Claude. Merci à vous pour les conseils et de votre assistance pendant les travaux de laboratoire.

Mes amis doctorants : KONAN Koffi Mathurin, KOUADIO Kouakou Serge, ALLA Jean Bédél, TOURÉ Pacôme, KOUAMÉ Thierry Roland, Monsieur N'GUESSAN Raphaël du laboratoire de zootechnie et tous les doctorants de l'EDP ainsi que ceux de ma promotion à l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Merci chers amis pour vos sympathies.

Monsieur KONAN Kouadio Siméon, Président du mouvement Initiative Pour la Paix en Côte d'Ivoire (IPPCI). Merci Papa pour vos prières et vos conseils.

Maman Agnès, Servante du Seigneur. Merci pour vos prières !

Monsieur ATHOGUIER-KOUADIO Koffi Pascal, merci cher oncle pour tout le soutien financier dont j'ai pu bénéficier de vous pendant cette thèse malgré vos énormes charges. Que l'Éternel vous le rend au centuple.

Monsieur OURA Kouadio Raphaël, Maître de Recherche à l'Université Alassane Ouattara et de M. KOUADIO Oura Nestor, Ingénieur en Bâtiment, merci à vous chers frères pour vos contributions financières et intellectuelles.

Toute la communauté de l'Église CMA d'Anonkoua 2 à Abobo. Merci chers frères et sœurs pour vos prières et vos soutiens financiers et moraux dont j'ai bénéficié.

Je remercie toutes les bonnes volontés qui m'ont apporté un soutien moral, financier et spirituel ainsi que tous les ressortissants d'Assamabo de la S/P d'Ayaou-Sran.

RÉSUMÉ

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources locales non conventionnelles en alimentation animale. L'objectif de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la qualité des œufs de pintades produits en système d'élevage amélioré. Le régime alimentaire des pintades est composé d'un aliment commercial supplémenté par deux ressources locales non conventionnelles riches en acides gras oméga-3. Il s'agit de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* et du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*. Avant l'expérimentation animale, une enquête a été menée pour obtenir une bonne connaissance de l'élevage des pintades et de la production des œufs en Côte d'Ivoire. L'enquête a été effectuée en 2016 sur 97 éleveurs de pintades dans neuf (9) régions et deux districts par une méthode non probabiliste dite en « boule-de-neige ». Les résultats ont montré que la mélagriculture est plus pratiquée dans le système extensif (62,88 %). Les pintades se reproduisaient en saison pluvieuse (88,66 %) à partir de 6 à 7 mois d'âge (62,89 %). La pintade pond en moyenne 100 ± 31 œufs par an. Pour évaluer l'impact de ces ressources locales non conventionnelles sur la qualité des œufs, 144 pintades femelles de souche "Galor" de 42 semaines d'âge ont été utilisées. Les pintades ont été nourries avec, soit un régime témoin (régime commercial "FACI ponte 20"), soit ce régime témoin supplémenté par 5 % de la farine des graines d'*E. heterophylla* ou 5 % de tourteau des graines d'hévéa. Ces régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques. La durée d'alimentation a été de 45 jours et les analyses ont été effectuées sur les œufs prélevés aux jours 15 ; 30 et 45. Les résultats ont montré que l'aliment n'influçait pas significativement la qualité physique des œufs. Cependant, l'épaisseur de la coquille augmentait avec le temps. Au niveau des paramètres nutritionnels, le régime supplémenté en farine de graines d'*E. heterophylla* a réduit la teneur en lipides et en cholestérol des œufs respectivement de 8,08 % et de 15,62 %. Ce régime a permis d'augmenter la teneur en protéines de 3,27 % en comparaison aux œufs des pintades témoin. La teneur en acides gras oméga-3 des œufs de pintades ayant reçu la farine des graines d'*E. heterophylla* et du tourteau des graines d'hévéa était respectivement de 2,45 et de 1,75 fois plus que celle des œufs des pintades témoin. La teneur en protéine a baissé au 30^{ème} jour d'alimentation. Les dégustateurs ont préféré les œufs du jour 15 et du jour 45 pour lesquels ils n'ont trouvé aucune différence significative. Cependant, il n'y a pas eu d'effet du régime sur la préférence des consommateurs. Ainsi, les ressources locales non conventionnelles comme les graines d'*E. heterophylla* et les graines d'hévéa peuvent être valorisées dans l'amélioration de la qualité des produits d'élevage comme les œufs.

Mots-clés : *Euphorbia heterophylla*, *Hevea brasiliensis*, oméga-3, régime, œuf de pintade

ABSTRACT

This study is part of the framework of the valorization of unconventional local feed resources. The aim of this work is to contribute to the improvement of the quality of guinea fowl eggs produced in an improved rearing system. The guinea fowl diet is composed of a commercial feed supplemented with two unconventional local resources rich in omega-3 fatty acids. These are *Euphorbia heterophylla* seed meal and *Hevea brasiliensis* seed cake. Prior to animal experimentation, a survey was conducted to obtain a good knowledge of guinea fowl rearing and egg production in Côte d'Ivoire. The survey was conducted in 2016 on 97 guinea fowl farmers in nine (9) regions and two districts using a non-probabilistic method known as "snowball". The results showed that meléagiculture is more practiced in the extensive system (62.88 %). Guinea fowl reproduced in the rainy season (88.66 %) from 6 to 7 months of age (62.89 %). The guinea fowl lays an average of 100 ± 31 eggs per year. To assess the impact of these unconventional local resources on egg quality, 144 females guinea fowl of the "Galor" stump aged 42 weeks were used. The guinea fowl were fed either a control diet ("FACI egg-laying 20" commercial diet) or this control diet supplemented with 5 % *E. heterophylla* seed meal or 5 % rubber seed cake. These diets were isoprotein and isoenergetic. Feeding lasted 45 days and analyses were performed on eggs collected on days 15; 30 and 45. The results showed that the diet did not significantly influence the physical quality of the eggs. However, shell thickness increased with time. In terms of nutritional parameters, the diet supplemented with *E. heterophylla* seed meal decreased the lipid and cholesterol content of eggs by 8.08 % and 15.62 % respectively. This diet increased the protein content by 3.27 % compared to control guinea fowl eggs. The omega-3 fatty acid content of the eggs of guinea fowl fed with *E. heterophylla* seed meal and rubber seed meal was 2.45 and 1.75 times higher than that of control guinea fowl eggs, respectively. Protein content was decreased on day 30 of feeding. Tasters preferred eggs from day 15 and day 45, between which they found no significant difference. However, there was no effect of diet on consumer preference. Thus, unconventional local resources such as *E. heterophylla* seeds and rubber tree seeds can be used to improve the quality of livestock products such as eggs.

Keywords: *Euphorbia heterophylla*, *Hevea brasiliensis*, omega 3, diet, guinea fowl egg

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
RÉSUMÉ	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES TABLEAUX	XIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES	XIV
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE : BIBLIOGRAPHIE.....	4
CHAPITRE 1 : RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES	5
1.1. Généralités sur les ressources non conventionnelles dans l'alimentation animale	5
1.2. Etude ethnobotanique d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	7
1.2.1. Systématique et répartition géographique	7
1.2.2. Description botanique.....	7
1.2.3. Caractérisation de la graine d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	8
1.2.4. Composition physico-chimique des graines d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	8
1.2.5. Usages d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	10
1.3. Etude ethnobotanique d' <i>Hevea brasiliensis</i>	10
1.3.1. Systématique et répartition géographique	10
1.3.2. Description botanique d' <i>Hevea brasiliensis</i>	11
1.3.3. Caractéristiques de la graine d' <i>Hevea brasiliensis</i>	11
1.3.4. Composition physico-chimique des graines d'hévéa	13
1.3.5. Méthodes de production du tourteau des graines d'hévéa.....	13
1.3.6. Usages des graines d'hévéa	13
1.4. Acide gras polyinsaturés essentiels	15

1.4.1. Structure des acides gras oméga-3 et oméga-6	15
1.4.2. Quelques sources d'acides gras oméga-3	15
1.4.3. Acides gras Oméga-3	17
1.4.4. Intérêts des AGPI oméga-3 chez l'homme	19
CHAPITRE 2 : GÉNÉRALITÉS SUR LA PINTADE	21
2.1. Origine de la pintade.....	21
2.2. Alimentation des pintades.....	21
2.3.1. Anatomie et formation de l'appareil reproducteur femelle	22
2.3.2. Formation et dépôt des constituants de l'œuf	24
2.3.3. Formation du jaune et développement de l'ovocyte	24
2.3.4. Synthèse hépatique des constituants du jaune (vitellus).....	26
2.4. Reproduction des pintades	26
2.5. Caractéristiques de l'œuf de pintade	27
2.6. Intérêts de l'élevage de pintades	27
CHAPITRE 3 : QUALITÉS DES ŒUFS DE PINTADES	28
3.1. Qualités physiques des œufs	28
3.2. Qualités nutritionnelles des œufs	28
CHAPITRE 4 : FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITÉ DES ŒUFS.....	32
4.1. Souche.....	32
4.2. Âge à la maturité sexuelle et âge de la pondeuse	32
4.3. Température	33
4.4. Alimentation.....	33
4.5. Système d'élevage	34
4.5.1. Elevage extensif	35
4.5.2. Elevage semi-intensif	35
4.5.3. Elevage intensif.....	35
4.6. Maladies et infections	36

4.7. Temps de conservation des œufs.....	36
CONCLUSION DE L'ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	37
DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES	38
CHAPITRE 1 : MATÉRIEL.....	39
1.1. Sites d'enquête et de l'expérimentation.....	39
1.2. Matériel d'enquête.....	40
1.3. Matériel de l'expérimentation	40
1.3.1. Régimes expérimentaux.....	40
1.3.2. Matériel animal	43
1.3.3. Bâtiment d'élevage.....	43
1.3.4. Matériel technique	43
CHAPITRE 2 : MÉTHODES	47
2.1. Méthodes d'enquête.....	47
2.2. Méthodes d'expérimentation.....	47
2.2.1. Méthodes d'obtention des régimes.....	47
2.2.2. Méthode d'expérimentation animale.....	48
2.2.3. Méthodes d'analyse de la composition chimique des régimes	50
2.2.3.1. Matière sèche.....	50
2.2.3.2. Matière minérale.....	50
2.2.3.3. Lipide brut	51
2.2.3.4. Profil en acides gras des œufs	51
2.2.3.5. Protéine brute.....	52
2.2.3.6. Fibres brutes	52
2.2.3.7. Amidon.....	53
2.2.3.8. Polyphénols totaux.....	53
2.2.3.9. Flavonoïdes totaux.....	54
2.2.3.10. Acide cyanhydrique	55

2.2.3.11. Minéraux	56
2.2.3.12. Energie métabolisable	57
2.2.4. Méthode d'analyse des paramètres de performance de production des pintades	57
2.2.4.1. Indice de consommation	57
2.2.4.2. Taux de ponte	57
2.2.5. Analyse des paramètres biochimiques.....	58
2.2.5.1. Méthode d'obtention du sérum.....	58
2.2.5.2. Technique d'analyse des paramètres biochimiques.....	58
2.2.6. Méthodes d'analyse des paramètres de qualité des œufs	59
2.2.6.1. Qualité physique des œufs.....	59
2.2.6.1.1. Poids moyen des œufs.....	59
2.2.6.1.2. Proportion et épaisseur de la coquille.....	59
2.2.6.1.3. Index de la forme.....	60
2.2.6.1.4. Surface de l'œuf.....	60
2.2.6.1.5. Proportion du jaune (vitellus) et du blanc (albumen) des œufs.....	60
2.2.6.1.6. Hauteur et diamètre du blanc (albumen) et diamètre du jaune (vitellus).....	61
2.2.6.1.7. Coloration du jaune (vitellus) d'œuf.....	61
2.2.6.2. Qualité nutritionnelle des œufs.....	62
2.2.6.2.1. Lipide brut du jaune (vitellus) d'œuf.....	62
2.2.6.2.2. Cholestérol total du jaune (vitellus) d'œuf.....	63
2.2.6.2.3. Protéine brute de l'œuf.....	64
2.2.6.3. Qualité organoleptique.....	64
2.2.7. Coût alimentaire de la production des œufs.....	65
2.2.8. Analyses statistiques.....	66
2.2.8.1. Enquête.....	66
2.2.8.2. Expérimentation.....	67
TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION	68

CHAPITRE 1 : TYPOLOGIE DES ACTEURS ET PERFORMANCES ÉCONOMIQUES	69
1.1. Données socio-économiques des producteurs de pintades	69
1.2. Analyse descriptive des paramètres de reproduction des pintades	71
1.3. Principaux déterminants de la production des pintades	73
1.4. Typologie globale des éleveurs de pintades	73
1.5. Contraintes liées à la production des pintades en Côte d'Ivoire	76
1.6. Données socio-économiques des revendeurs d'œufs de pintades	78
Conclusion partielle	80
CHAPITRE 2 : AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE DE PRODUCTION ET DE LA QUALITE DES ŒUFS DE PINTADES	81
2.1. Composition chimique des régimes expérimentaux	81
2.2. Effets des régimes et du temps d'alimentation sur la performance des pintades	83
2.2.1. Poids des pintades	83
2.2.2. Indice de consommation	83
2.2.3. Taux de ponte	85
2.3. Effet des régimes sur les paramètres biochimiques des pintades	85
2.4. Effets des régimes et du temps d'alimentation sur la qualité des œufs	87
2.4.1. Qualité physique des œufs	87
2.4.1.1. Qualité physique externe des œufs	87
2.4.1.2. Qualité physique interne des œufs	90
2.4.2. Qualité nutritionnelle des œufs	93
2.4.3. Qualité organoleptique	100
2.4.3.1. Choix des caractères sensoriels en fonction des régimes et du temps d'alimentation	100
2.4.3.2. Corrélacion entre les caractères sensoriels et la composition nutritionnelle des œufs	102
2.4.3.2.1. Préférence	103
2.4.3.2.2. Texture	103

2.4.3.3. Corrélation entre les caractères sensoriels et les nutriments des œufs en fonction des régimes pendant les périodes d'alimentation	103
2.5. Effets des régimes alimentaires sur le coût de production des œufs	106
Conclusion partielle	108
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	109
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	111
ANNEXES	144
Annexe 1 : Fiche d'enquête des éleveurs de pintades	144
Annexe 2: Fiche d'enquête des revendeurs d'œufs de pintades	146
Annexe 3: Prophylaxie médicale des pintades.....	148
Annexe 4: Fiche du test organoleptique	149
COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS ISSUES DE LA THÈSE.....	150

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plante d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	9
Figure 2 : Fruit d' <i>Hevea brasiliensis</i>	12
Figure 3 : Structure et voie métabolique des oméga-6 et oméga-3	16
Figure 4 : Organes reproducteurs chez les oiseaux	23
Figure 5 : Processus de formation de l'œuf	25
Figure 6 : Site d'étude.....	41
Figure 7 : Pintades de race Galor	44
Figure 8 : Bâtiment d'élevage	44
Figure 9 : Cages d'élevage	44
Figure 10 : Eventail de Roche	45
Figure 11 : Spectrophotomètre.....	45
Figure 12 : Fiberteck.....	45
Figure 13 : Processus d'obtention du tourteau des graines d'hévéa.....	49
Figure 14 : Arbre de classification avec « Objectif des éleveurs » comme variable cible	74
Figure 15 : Classification des éleveurs de pintades.....	75
Figure 16 : Contraintes liées à la production des pintades.....	77
Figure 17 : Corrélacion entre préférence et la composition nutritionnelle des œufs	104
Figure 18 : Corrélacion entre la texture et la composition nutritionnelle des œufs	104
Figure 19 : Corrélacion entre caractères sensoriels et les œufs des régimes dans le temps ...	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Quelques plantes utilisées dans l'alimentation des volailles	6
Tableau II : Valeurs nutritionnelles du tourteau des graines d'hévéa	14
Tableau III : Composition chimique de la graine entière d'hévéa	14
Tableau IV : Quelques sources naturelles d'oméga-3 et composition en acides gras dans les graines.....	18
Tableau V : Quantité d'oméga-3 à longue chaîne présente dans 100 g d'aliments	18
Tableau VI : Besoins alimentaires des pintades reproductrices	23
Tableau VII : Paramètres physiques externes des œufs de pintades.....	30
Tableau VIII : Paramètres physiques internes des œufs de pintades.....	30
Tableau IX : Composition nutritionnelle des œufs de pintade	31
Tableau X : Profil en acides gras des œufs de pintade	31
Tableau XI : Composition chimique de l'aliment commercial "FACI ponte 20"	42
Tableau XII : Composition chimique théorique des graines d' <i>Euphorbia heterophylla</i> , du tourteau de graines d' <i>Hevea brasiliensis</i> et des régimes alimentaires	42
Tableau XIII : Paramètres socio-économiques des producteurs de pintades.....	70
Tableau XIV : Paramètres de reproduction des pintades	72
Tableau XV : Paramètres socio-économiques des revendeurs de pintades et des œufs.....	79
Tableau XVI : Composition chimique des régimes expérimentaux	82
Tableau XVII : Paramètres des performances de production des pintades.....	84
Tableau XVIII : Paramètres sériques biochimiques des pintades	86
Tableau XIX : Paramètres physiques externes des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes.....	88
Tableau XX : Paramètres physiques internes des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes d'essai	91
Tableau XXI : Composition nutritionnelle des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes d'essai	94
Tableau XXII : Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux).....	97
Tableau XXIII : Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux) (suite 1)	98
Tableau XXIV : Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux) (suite 2).....	99
Tableau XXV : Test organoleptique (n=18)	101
Tableau XXVI : Coût de production d'un œuf.....	107

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES

ACM	: Analyse des Correspondances Multiples
AFSSA	: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AGLC	: Acide Gras à Longue Chaîne
AGMI	: Acide Gras Mono-insaturé
AGPI	: Acide Gras Polyinsaturé
AGS	: Acide Gras Saturé
ALA	: Acide α -linoléique
ALT	: Alanine Aminotransférase
ANSES	: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
ARA	: Agriculture et Ressources Animales
AST	: Aspartate aminotransférase
CART	: Classification and Regression Trees
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRA	: Centre National de la Recherche Agronomique
DFR	: Département de Formation et de Recherche
DHA	: Acide Docosahexaénoïque
EDP	: École Doctorale Polytechnique
ENA	: Extractif non azoté
EPA	: Acide Eicosapentaénoïque
FACI	: Fabrication d'Aliments Composés Ivoiriens
FAO	: Food and Agriculture Organization
GCAA	: Génie Chimique et Agroalimentaire
GNTA	: Groupe Nutrition et Technologie Alimentaire
GOT	: Transaminase Glutamique Oxalo-acétique
GPT	: Transaminase Pyruvique Glutamique
INP-HB	: Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
ISO	: International Organization for Standardization
ITAVI	: Institut Technique de l'Aviculture

LA	: Acide linoléique
LDL	: Low Density Lipoprotein
MCV	: Maladie Cardiovasculaire
MIRAH	: Ministère des Ressources Animales et Halieutiques
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PLS	: Partial Least Squares
RXR	: Retinoid X Receptor
SAA	: Spectrométrie d'Absorption Atomique
SEM	: Standard Error of the Mean
SIPRA	: Société Ivoirienne de Productions Animales
SREBP	: Sterol Regulatory Element-Binding Protein
UFHB	: Université Félix Houphouët-Boigny
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
UMRI	: Unité Mixte de Recherche et d'Innovation
UNA	: Université Nangui Abrogoua
USDA	: United States Department of Agriculture
VIH	: Virus de Immunodéficience Humaine
VLDL	: Very Low Density Lipoprotein

INTRODUCTION

Le développement des entreprises de volailles est décrit comme la meilleure stratégie pour pallier au déficit en protéines animales dans les pays pauvres. Cette solution se justifie par le taux de reproduction élevé et l'efficacité économique conséquente de ces espèces à travers la vente des œufs et des oiseaux (Dipeolu *et al.*, 2004 ; FAO, 2004). Selon les estimations de la FAO, la production d'œufs de poules dans le monde a atteint 68,3 millions de tonnes en 2013 avec une consommation très variable de quelques dizaines à plus de 250 œufs/ personne/ an (ITAVI, 2016). En Côte d'Ivoire, selon les données de l'Inter Profession Avicole, 1,48 milliards d'unités d'œufs de consommation ont été produites en 2015, soit 64 œufs /habitant/an (MIRAH, 2016).

Malgré la place qu'occupe la poule dans la production aviaire, la pintade (*Numida meleagris*), qui vient au deuxième rang dans le secteur des volailles en Afrique subsaharienne, est plus appréciée pour sa viande et particulièrement pour ses œufs (Chrysostome, 1995 ; Sanfo *et al.*, 2007 ; Baruwa *et al.*, 2016). Les pintades sont des oiseaux dont l'élevage est moins coûteux par rapport aux poulets car elles consomment moins d'aliments et sont plus résistantes aux maladies les plus communes des volailles (Olomu, 1983). Pour accroître la production et la productivité, la mise en place des conditions améliorées d'élevage est nécessaire (Bessei et Guèye, 1996 ; Sonaiya, 2005 ; Sarkar et Bell, 2006). Or, un système d'élevage amélioré ou intensif exige une amélioration des conditions d'alimentation ainsi que des soins (Sanfo *et al.*, 2012).

En Côte d'Ivoire, l'aliment commercial commun et disponible pour les différentes espèces d'oiseaux en élevage intensif est produit par les entreprises locales. Cet aliment dont le coût n'est pas accessible à tous les éleveurs, est pauvre en acides gras polyinsaturés (AGPI) oméga-3 avec une forte teneur en acides gras saturés (AGS) (Koffi *et al.*, 2016). La consommation de ces aliments entraîne une augmentation de la teneur des AGS et du cholestérol dans les œufs des volailles en élevage. Aussi, la consommation de ces œufs augmenterait ces paramètres lipidiques dans le sang du consommateur et constitue un facteur de risque potentiel des maladies cardiovasculaires (MCV) surtout si la personne souffre d'hypercholestérolémie (Morozova *et al.*, 2004). Ces maladies constituent de nos jours la première cause de mortalité à travers le monde et sont responsables avec trois quarts des décès dans les pays à faible revenu (OMS, 2014 et 2015). L'œuf qui est considéré comme la source de protéine animale la moins chère (Marie-Pierre, 2014) a une teneur élevée en cholestérol (1746 mg/ 100 g de jaune d'œuf frais) (Gurbuz et Salih, 2017). La forte teneur en cholestérol

de l'œuf le classe en deuxième position des produits animaux après la cervelle (Bourre, 2005). Sa composition, remarquablement stable et indépendante des conditions d'élevage et d'alimentation pour ses constituants majeurs, peut être enrichie en certains nutriments. Ces nutriments sont pour la plupart les plus recherchés en nutrition humaine tels que les acides gras essentiels, les antioxydants et les vitamines (Nys et Sauveur, 2004). Pour éviter d'exposer le consommateur d'œufs aux risques des MCV, les chercheurs ont préconisé d'enrichir l'œuf en AGPI oméga-3 et diminuer sa teneur en cholestérol (Kovacs *et al.*, 2000). Pour ce faire, il fallait compléter l'aliment de la pondeuse en sources d'acides gras polyinsaturés oméga-3. Ces AGPI oméga-3 sont des acides gras essentiels, utilisés dans la prévention et le traitement des maladies cardiovasculaires, du cancer et aussi dans l'élaboration des structures du cerveau et de ses fonctions cognitives (Bourre, 2004b ; Simopoulos, 2000). En plus du taux d'incorporation, le temps de distribution de l'aliment pourrait affecter les performances de reproduction des oiseaux (Hassan *et al.*, 2003). Selon Bailey (2013), le changement oméga-6/oméga-3 dans l'œuf qui traduit son enrichissement apparaît dès les deux premières semaines d'alimentation de la pondeuse. Les sources d'acides gras oméga-3 végétales couramment utilisées dans l'alimentation animale sont le lin (*Linum usitatissimum*), le chia (*Salvia hispanica*) et la luzerne (*Medicago sativa*). Ces plantes sont quasi-inexistantes en zone tropicale (Peiretti et Meinetti, 2010). L'une des sources d'acides gras oméga-3 locales non conventionnelles déjà utilisée dans l'enrichissement des produits animaux est l'*Euphorbia heterophylla*. C'est une plante adventice qui peut contenir environ 55 % d'acides gras oméga-3 (Kouakou *et al.*, 2015). Une deuxième source non exploitée et abondante en Côte d'Ivoire concerne les graines d'*Hevea brasiliensis*. En effet, l'hévéa qui est plutôt connu pour son latex pourrait servir dans l'alimentation animale à partir de ses graines (Buvanendran et Siriwardene, 1970 ; Koné *et al.*, 2016). L'huile de ces graines contiendrait 19,22% d'AGPI oméga-3 (Elahé et Mohammad, 2014). La Côte d'Ivoire est aujourd'hui le premier producteur africain de latex avec 300 000 tonnes en 2014 et occupe le cinquième rang mondial (CIRAD, 2015). A cela s'ajoute la production des graines dont à peine 10 % sont utilisées pour les pépinières et 75 000 à 100 000 tonnes qui restent dans les champs chaque année (Eka *et al.*, 2010).

L'objectif général de cette étude est de contribuer à améliorer la qualité des œufs des pintades par la valorisation d'*Euphorbia heterophylla* et d'*Hevea brasiliensis* dans l'alimentation animale. Il s'agit plus spécifiquement de :

- caractériser les éleveurs de pintades en Côte d'Ivoire,

- produire des régimes alimentaires à partir des graines d'*Euphorbia heterophylla* ou du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*,
- améliorer les performances de production des pintades en condition d'élevage amélioré à l'aide des régimes,
- améliorer la qualité des œufs de pintades produits en condition d'élevage amélioré à l'aide des régimes,
- améliorer la qualité des œufs de pintades produits en condition d'élevage amélioré avec le temps d'alimentation (15, 30 et 45 jours d'expérimentation),
- définir le choix des consommateurs.

Ce travail effectué pour évaluer l'effet de la durée de distribution de l'aliment commercial supplémenté des graines d'*Euphorbia heterophylla* d'une part et du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* d'autre part sur la qualité des œufs de pintades comporte trois grandes parties.

- ❖ La première partie concerne la synthèse bibliographique, elle comporte quatre chapitres.
- ❖ La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes, elle est constituée en deux chapitres.
- ❖ La troisième partie concerne les résultats et la discussion, elle est répartie en deux chapitres.

Cette dernière partie est suivie de la conclusion générale et de quelques perspectives de recherche. La liste détaillée des auteurs cités a été établie dans les références bibliographiques. Enfin, il y a quelques documents annexés.

PREMIÈRE PARTIE :
BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE 1 : RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES

1.1. Généralités sur les ressources non conventionnelles dans l'alimentation animale

L'alimentation en élevage joue un rôle déterminant dans la réussite et la rentabilité économique des productions animales (Brah *et al.*, 2015). En aviculture par exemple, l'alimentation affecte plus la rentabilité économique de l'exploitation que n'importe quel facteur pris individuellement. En effet, l'aliment peut représenter 60 à 70 % des charges variables de production d'œufs et de chair (Oladokun et Johnson, 2012 ; Swain *et al.*, 2014). Le coût élevé de la production animale est lié à la pénurie des ressources alimentaires telles que le maïs, le poisson, le soja et autres. Ce manque est aggravé par la concurrence avec les hommes et l'expansion de l'élevage intensif (Robinson et Singh, 2001). Pour maintenir un niveau de profit satisfaisant, l'utilisation et la maîtrise d'autres matières premières et des méthodes de formulation sont nécessaires (Afolayan et Afolayan, 2008). C'est pour résoudre ce problème d'indisponibilité alimentaire et de cherté que les ressources alimentaires non conventionnelles disponibles localement et bon marché ont été introduites afin de réduire le coût de production des produits animaux de rente (Sogbesan et Ugwumba, 2008). Plusieurs organes de plantes ont été utilisés dans l'alimentation des animaux (Tableau I). La difficulté d'utilisation de ces aliments est la méthode d'élimination des facteurs antinutritionnels qu'ils contiennent et le taux de supplémentation optimal (Aschalew *et al.*, 2014). Les facteurs antinutritionnels affectent négativement la croissance et d'autres activités physiologiques des animaux comme la réduction des performances de reproduction chez les volailles et cela à cause de leur toxicité (Ige *et al.*, 2006 ; Kakengi *et al.*, 2007). Ces aliments non conventionnels peuvent contenir des alcaloïdes, des glucosides, de l'acide oxalique, des phytates, des inhibiteurs de protéases et de l'acide cyanhydrique (Sandrine, 2004; Sogbesan *et al.*, 2006). Selon Devendra (1988), les ressources alimentaires non conventionnelles sont des aliments destinés uniquement aux animaux et qui ne sont pas utilisés à des fins commerciales. Elles ne rentrent pas dans la consommation humaine et sont très bon marché à l'achat. Ces ressources comprennent les déchets végétaux (haricot, graines de coton, cajanus, chaya, lentille d'eau, son de maïs, son de riz, tourteau de palmiste, tourteau d'arachide, déchets de brasserie, tourteau de graines de baobab, etc.) et des déchets et abats d'origine animale. Il faut noter les graines (*Mucuna spp.*, *Lablab purpureus*, *Canavalia ensiformis*, sésame) et les feuilles (*Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Azolla pinnata*). Il y a ainsi que des tubercules et des produits animaux divers (Omitoyin et Faturoti, 2000 ; Mwale *et al.*, 2008 ; Dahouda, 2009).

Tableau I : Quelques plantes utilisées dans l'alimentation des volailles

Espèces de Plante	Organes ou parties de la plante utilisés	Oiseaux expérimentaux	Auteurs
Hévéa (<i>Hevea brasiliensis</i>)	Graines	Poules pondeuses	Ocho-Anin <i>et al.</i> (2008)
Lin (<i>Linum usitatissimum</i>)	Graines	Poules pondeuses	Gonzalez-Esquerria et Leeson (2001)
Lin (<i>Linum usitatissimum</i>)	Huile de graines	Poules	Souza <i>et al.</i> (2008)
Canola (<i>Brassica napus</i>)	Graines	Poules pondeuses	Al-Shokiry <i>et al.</i> (2011) ; Cherian et Sim (1991)
Caca poule (<i>Euphorbia heterophylla</i>)	Graines	Poules pondeuses	Kouakou <i>et al.</i> (2015)
Manioc (<i>Manihot esculenta</i>)	Feuilles	Poulettes	Houndonougbo <i>et al.</i> (2012)
Canola (<i>Brassica napus</i>)	Huile	Poules pondeuses	Da Silva <i>et al.</i> (2005)
Chia (<i>Salvia hispanica</i>)	Graines	Poules pondeuses	Ayerza et Coates (2000)
Mucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)	Graines	Pintades	Farougou <i>et al.</i> (2006)
Coriande (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	Graines	Poulets	Al-Jaff (2011)
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Feuilles	Poulettes	Kakengi <i>et al.</i> (2007)
Ucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)	Graines	Poulets	Dahouda <i>et al.</i> (2009)
Hévéa (<i>Hevea brasiliensis</i>)	Graines	Poulets	Ahaotu (2018)
(<i>Amaranthus cruentus</i>)	Feuilles	Poulets	Fasuyi <i>et al.</i> (2008)
Euphorbe (<i>Euphorbia heterophylla</i>)	Graines	Cailles	Koffi <i>et al.</i> (2016)

L'objectif premier de l'utilisation de ces ressources a été la substitution totale ou partielle des protéines conventionnelles dans le but de réduire le coût de l'aliment. De nos jours, certaines ressources non conventionnelles riches en acides gras polyinsaturés oméga-3 telles que *Euphorbia heterophylla* sont utilisées pour enrichir les produits animaux comme les œufs des volailles (Kouakou *et al.*, 2015).

1.2. Etude ethnobotanique d'*Euphorbia heterophylla*

1.2.1. Systématique et répartition géographique

Euphorbia heterophylla est une plante de la famille des Euphorbiacées. Cette famille constitue un ensemble de plantes dicotylédones qui exsudent un latex blanc au niveau des cassures. L'*E. heterophylla* et la mercuriale y sont dénombrées ainsi que bon nombre d'espèces cultivées (Hévéa, Ricin, Manioc, etc.) (Koné, 2009). *Euphorbia heterophylla* est aussi appelée l'herbe de lait, euphorbe en français ; mole plant, annual poinsettia, wild poinsettia, japanese poinsettia en Anglais (Mosango, 2008). Elle pousse aussi bien en zone sèche qu'humide et peut atteindre 1 m de haut. C'est une plante annuelle qui se reproduit par des graines avec quatre à cinq cycles par an dans les conditions favorables. *Euphorbia heterophylla* est une plante indigène originaire d'Amérique Centrale et du Sud. Aujourd'hui, elle est largement répartie dans toutes les régions tropicales et subtropicales (Mosango, 2008). Elle est présente dans beaucoup de pays africains et asiatiques (Holm *et al.*, 1977). En Côte d'Ivoire, elle pousse dans presque toutes les régions cotonnières (Ipou *et al.*, 2005). Sa position systématique selon la classification de Linaeus (1753) est la suivante :

Règne	:	Végétal
Sous règne	:	Plantes vasculaires
Embranchement	:	Angiospermes
Classe	:	Dicotylédones
Sous classe	:	Rosidae
Ordre	:	Euphorbiales
Famille	:	Euphorbiaceae
Genre	:	Euphorbia
Espèce	:	<i>Euphorbia heterophylla</i>

Les noms d'*Euphorbia heterophylla* dans quelques langues locales sont "Têtê kpôkpô" en Baoulé ; "Djonan djonan" en Malinké.

1.2.2. Description botanique

Plante herbacée monoïque, annuelle, peu ramifiée avec des tiges souvent teintées de rouge à proximité de l'apex, elle renferme un latex abondant. *E. heterophylla* est une plante adventice

possédant des feuilles disposées en spirale, groupées à l'apex de la tige (Figure 1). Les feuilles sont des stipules transformées en glandes pourpres avec un pétiole atteignant deux à quatre centimètres de long dont les limbes varient de l'ovale au lancéolé. Les feuilles supérieures ont souvent une base blanchâtre ou rougeâtre (Mosango, 2008). Les inflorescences qui sont une cyme compacte, axillaire ou terminale sont composées de groupes de fleurs appelés "cyathes", à environ cinq fourches à la fin des ramifications (Holm *et al.*, 1977). Les bractées sont vert pâle, petites, plus lancéolées et presque sessiles (Mosango, 2008). Chaque involucre contient une fleur femelle entourée de nombreuses fleurs mâles. Les fruits sont des capsules, glabres, profondément trilobées d'environ 4,5 mm × 5,5 mm contenant trois graines (Holm *et al.*, 1977 ; Mosango, 2008)

1.2.3. Caractérisation de la graine d'*Euphorbia heterophylla*

Les fruits d'*Euphorbia heterophylla* sont de petites capsules ovoïdes, formées de trois loges regroupées en grappes et de couleur verte à maturité. Lorsqu'un fruit arrive à maturité, six jours après, il vire à la coloration vert-olive, le pédoncule s'allonge d'environ 2 mm et se dresse au-dessus de la grappe. Les capsules s'ouvrent en émettant un bruit et les graines matures sont projetées dans l'espace. Ce sont des fruits secs déhiscents (Koné, 2009) qui ont un poids moyen de $36 \pm 1,31$ mg. Ce sont des graines ovoïdes, de 2 à 2,5 mm de diamètre, verruqueuses avec une surface brune noirâtre ou noire.

1.2.4. Composition physico-chimique des graines d'*Euphorbia heterophylla*

Cette plante contient des substances bioactives dont les plus importantes sont les alcaloïdes, des flavonoïdes, les tannins, les saponines, les terpènes, des phytostérols et d'autres composés phénoliques (Omale et Emmanuel, 2010 ; Falodun *et al.*, 2006) . La composition nutritive des extraits de la plante fraîche révèle son utilité pour l'alimentation et la pharmacologie. Elle contient des glucides (74,84 %), des minéraux (2,57 %), des fibres (2,92 %), des protéines (6,06 %), de l'eau (11,79 %) et des lipides (1,82 %) (Apiamu *et al.*, 2013). Parmi ces lipides, l'analyse des acides gras des graines, effectuée par Earle *et al.* (1960) puis des feuilles, effectuée par Kouakou *et al.* (2013) indique la présence d'AGPI notamment les oméga-3 (55 % des lipides). La composition en acides gras des graines d'*E. heterophylla*, selon Earle *et al.* (1959) serait sensiblement proche de celle du lin (*Linum usitatissimum*) et du chia californien (*Salvia columbariae*), mais plus riche que l'huile de colza et d'olive. Elles sont riches en protéines (25 %) et en lipides (37 %) mais pauvres en amidon (Holm *et al.*, 1977 ; Earle *et al.*, 1959).



Figure 1 : Plante d'*Euphorbia heterophylla*

(Source : cliché, Kouassi Firmin)

1.2.5. Usages d'*Euphorbia heterophylla*

Euphorbia heterophylla est une plante très employée en médecine traditionnelle africaine. La décoction ou l'infusion de tiges et de feuilles fraîches ou séchées est administrée comme purgatif et laxatif en cas de maux d'estomac, de constipation et comme vermifuge (Schmelzer et Gurib-Fakim, 2008). En général, en Afrique de l'Ouest et particulièrement au Nigéria, cette plante est utilisée par la médecine traditionnelle pour le traitement des infections bactériennes et les maladies inflammatoires (l'arthritique et le rhumatisme) (Falodum *et al.*, 2008). Les feuilles de *Euphorbia heterophylla* auraient des activités anti-tumorales, anti-cancéreuses et récemment anti-VIH (Williams *et al.*, 1995 ; Falodum *et al.*, 2008). Au Bénin, les feuilles sont consommées comme légumes ou comme aliments dans les rations en cas de famine après cuisson (Schmelzer et Gurib-Fakim, 2008). Lorsque cette plante est consommée sans cuisson par l'homme, elle provoque des vomissements, des nausées et la diarrhée (Berry, 1984). Par ailleurs, l'herbe de lait fraîche constitue un véritable aliment pour certaines espèces animales comme le cobaye, le lapin (Kouakou *et al.*, 2010 ; Kouassi *et al.*, 2017) et les abeilles qui y butinent le nectar des fleurs (Mosango, 2008). Cette plante a également été utilisée comme source d'enrichissement en AGPI oméga-3 de la viande de cobayes et des œufs de cailles par Kouakou *et al.* (2013 ; 2018).

1.3. Etude ethnobotanique d'*Hevea brasiliensis*

1.3.1. Systématique et répartition géographique

L'hévéa est un genre de plantes dicotylédones de la famille des Euphorbiacées, originaire d'Amazonie. Ce genre comprend une dizaine d'espèces d'arbres et arbustes, qui se caractérisent par la production de latex contenu dans des cellules spécifiques appelées laticifères. Seul le latex de trois espèces comme *Hevea brasiliensis*, *Hevea benthamania* et *Hevea guianensis* est utilisable pour produire du caoutchouc. Mais en pratique, c'est l'*Hevea brasiliensis* qui fournit un latex de meilleure qualité et fait l'objet d'une culture intensive. Cette espèce est originaire du Brésil, elle est également présente en Afrique Centrale et de l'Ouest, en Inde, en Malaisie et à l'Est de l'Indonésie (Bawa *et al.*, 2014).

Elle a été introduite en Côte d'Ivoire en 1953 et joue un rôle important dans l'économie du pays. Aujourd'hui, l'hévéaculture en production couvre plus de 318000 ha (CNRA, 2012). La Côte d'Ivoire est aujourd'hui le premier pays producteur de latex africain et le cinquième mondial (CIRAD, 2015). A cela s'ajoutent les graines d'hévéa provenant des fruits (Figure 2) avec une production annuelle d'au moins 500 kg à l'hectare avec environ 10 % de graines utilisées pour les pépinières et 75 000 à 100 000 tonnes pourrissant dans les champs chaque

année (Eka *et al.*, 2010) Par contre, les graines d'hévéa sont utilisées en alimentation animale (Buvanendran et Siriwardene, 1970 ; Koné *et al.*, 2016). La systématique de l'hévéa est la suivante :

Règne	:	Végétal
Embranchement	:	Magnoliophyta
Classe	:	Magnoliopsida
Sous classe	:	Rosidae
Ordre	:	Euphorbiales
Famille	:	Euphorbiaceae
Genre	:	Hevea
Espèce	:	<i>Hevea brasiliensis</i>

1.3.2. Description botanique d'*Hevea brasiliensis*

Dans son milieu naturel, *Hevea brasiliensis* est un arbre pouvant atteindre plus de 30 m de hauteur pour une circonférence de 1 m avec une durée de vie qui peut atteindre 100 ans. Dans un milieu de culture, l'hévéa avoisine 10 à 13 m de hauteur. Il a une écorce vert grisâtre. Les feuilles sont composées de trois folioles disposées à l'extrémité d'un pétiole. L'hévéa perd ses feuilles pendant la saison sèche et les renouvelle en saison pluvieuse chaque année. Les feuilles se forment périodiquement, par étage à l'extrémité des unités de croissance. Les fleurs sont petites, jaune clair et rassemblées en grappes. Les fruits sont composés d'une capsule à trois loges, contenant chacune une graine d'environ 2 cm de long, ovales, de couleur brune décoré de taches blanchâtres. L'hévéa peut être exploité pour le latex une fois qu'il atteint environ six ans. En maturité, le fruit de l'hévéa éclate, dispersant ses graines dans une zone allant jusqu'à 100 m du pied de l'arbre.

1.3.3. Caractéristiques de la graine d'*Hevea brasiliensis*

L'hévéa est une plante monoïque. Les fleurs mâles et femelles sont groupées en une inflorescence de forme conique, que l'on appelle racème. Le racème est constitué par un axe sur lequel sont insérés des rameaux latéraux primaires, portant eux-mêmes des rameaux secondaires. Les fleurs femelles sont situées isolément aux extrémités des axes, alors que les fleurs mâles sont groupées en bouquets. Il y a en moyenne une fleur femelle pour 60 fleurs mâles, et 6 fleurs femelles par racème. A noter que chaque bourgeon floral donne une moyenne de douze racèmes. Chaque arbre peut produire deux fois l'année avec en moyenne 800 graines, soit 5 kg /plant/an (Bressani *et al.*, 1983).



Figure 2: Fruit d'*Hevea brasiliensis*

(Source : cliché, Kouassi Firmin)

1.3.4. Composition physico-chimique des graines d'hévéa

Les graines d'hévéa contiennent 43 % d'huile (Nwokolo et Sim, 1988). Cette huile à moitié déshydratée (Aigbodion et Pillai, 2000) est très riche en acides gras polyinsaturés C18 : 2 et C18 :3, qui constituent 52 % des acides gras totaux (Ghandhi *et al.*, 1990). Selon Ocho *et al.* (2001), l'huile des graines d'hévéa contient 18,14 % d'acides gras saturés, 22,59 % d'acides gras monoinsaturés et 59,27 % d'acides gras polyinsaturés et aussi 16 acides aminés dont 8 acides aminés essentiels qui constituent sa forte qualité nutritionnelle. Ces acides gras sont composés de 22,95 % d'acide oléique, 37,28 % d'acide linoléique avec 19,22 % d'acide linoléique (oméga-3) (Aigbodion et Bakare, 2005 ; Elahé et Mohammad, 2014). Le tourteau contient un glucoside, un élément toxique pour les animaux (Yeong *et al.*, 1981). Les tableaux II et III donnent respectivement la composition du tourteau des graines d'hévéa et celle de sa graine entière.

1.3.5. Méthodes de production du tourteau des graines d'hévéa

Les graines d'hévéa sont concassées et les amandes obtenues (53 % du poids des graines) sont séchées pendant deux jours au soleil. Ces graines sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur à végétaux avant d'être mélangées de manière homogène à l'eau à raison de deux litres d'eau pour 10 kg d'amandes broyées (Koné *et al.*, 2016). L'homogénat est placé dans une cuve et couvert par une bâche puis séché pendant deux heures au soleil. Par la suite, l'homogénat séché est pressé à l'aide d'une presse artisanale « presse à manioc ». Après le recueil de 3 litres d'extrait lipidique pour 10 kg d'homogénat, le bloc de tourteau résultant est fragmenté manuellement puis les mottes sont séchées à nouveau. L'élimination partielle de l'acide cyanhydrique des mottes du tourteau est faite par chauffage au feu de bois. En effet, Le séchage au soleil réduit jusqu'à 90 % le taux de cyanure et de tannin (Eruvbetine *et al.*, 2003). L'acide cyanhydrique, élément antinutritionnel abondant chez les Euphorbiacées en général et les graines d'hévéa en particulier est détruit sous l'effet de la chaleur (Mosso *et al.*, 2000).

1.3.6. Usages des graines d'hévéa

Les graines d'hévéa, importante source de matières grasses sont utilisées dans diverses industries de la peinture, du vernis, du savon, des revêtements anticorrosifs et des adhésifs (Dabhade, 1983). Le tourteau issu de l'extraction des lipides, riche en protéines peut contribuer à l'alimentation des animaux (Nwokolo *et al.*, 1987 ; Abatunde et Pond, 1987). Le tourteau des graines d'hévéa pouvait être incorporé à 30 % dans la ration alimentaire des poules pondeuses (Ocho-Anin *et al.*, 2008).

Tableau II : Valeurs nutritionnelles du tourteau des graines d'hévéa

Auteurs	Paramètres nutritionnels						
	EM	MS	PB	FB	ENA	EE	MM
Hossan <i>et al.</i> , 2015	2101,1	85,7	26,1	43	13,8	11	1,8
Eka <i>et al.</i> , 2010		96,1	17,4			68,8	3,1
Ahaotu, 2018	4280	94,20	32,98	4,20		10,12	6,21
Mmereole, 2008	2520		34,1	4,4		10,1	3,1
Ly <i>et al.</i> , 2001		90,4	14,9			28,4	3,1
Achinewhu, 1986			18,2	13,7	35,7	21,8	
Kouakou <i>et al.</i> , 2018		91,3	23,5	6,3		18,7	6,0

Teneur des composants exprimée en g pour 100 g de matières sèches.

DM=Matière sèche, EM=Energie métabolisable, CP=Protéine brute, CF=Fibre brute, NFE=Extrait Non Azoté (glucides), EE= extrait étheré (lipide)

Tableau III : Composition chimique de la graine entière d'hévéa

Constituants	Clones		
	GT 1	PB 260	AVROS 2037
Teneur en eau	29 ± 0,9	25 ± 1,2	32 ± 0,9
Lipides	22 ± 2,5	24 ± 2,5	19 ± 2,3
Protéines	20,8 ± 2,6	20,7 ± 2,6	21,2 ± 1,9
Glucides totaux	24,9 ± 1,6	25,8 ± 1,5	24 ± 1,6
Cendres	3,1 ± 0,6	4,5 ± 0,6	3,8 ± 0,6
HCN* (mg/100g)	275,5 ± 0,1	270,9 ± 0,1	276,2 ± 0,2

HCN= Acide cyanhydrique

Source : Ocho *et al.*, 2001

Le tourteau détoxifié des amandes des graines d'hévéa a été introduit dans l'alimentation des porcs (Koné *et al.*, 2016). Tout comme les graines d'hévéa et celles d'*E. heterophylla* contiennent des acides gras polyinsaturés essentiels (Elahé et Mohammad, 2014 ; Kouakou *et al.*, 2013).

1.4. Acide gras polyinsaturés essentiels

1.4.1. Structure des acides gras oméga-3 et oméga-6

Les acides gras polyinsaturés (AGPI) sont des constituants naturels des graisses animales et végétales. Les AGPI sont des acides gras dont la chaîne hydrocarbonée comprend au moins deux doubles liaisons (Lavialle et Layé, 2010). Il existe deux familles, les AGPI de la série n-6 (oméga-6 ou $\omega 6$) et ceux de la série n-3 (oméga-3 ou $\omega 3$). Ces deux AGPI doivent être obligatoirement apportés par l'alimentation parce que les vertébrés sont incapables de les synthétiser. Les acides gras oméga-3 ont leur première double liaison à partir de l'extrémité méthyle (ou oméga) au niveau du troisième carbone (Arterburn *et al.*, 2006). Ces deux familles dérivent de précurseurs métaboliques exclusivement d'origine végétale, l'acide α -linoléique (ALA ; 18 :3n-3) pour la série n-3 et l'acide linoléique (LA ; 18 :2n-6) pour la série n-6 (Lavialle et Layé, 2010). Les principaux acides gras oméga-3 dans notre alimentation et dans nos tissus sont l'acide α -linoléique ou ALA (C18:3), l'acide eicosapentanoïque ou EPA (C20:5) et l'acide docosahexanoïque ou DHA (C22:6) (Figure 1). L'EPA et le DHA qui sont des AGPI à longue chaîne (AGPI-LC) peuvent être synthétisés par le foie à partir de l'ALA via une série de réactions d'élongations et de désaturations (Barcelo-Coblijn et Murphy, 2009). Il y a une faible conversion d'ALA en EPA et DHA. Aussi, l'efficacité de cette conversion est en grande partie dépendante du contenu de l'alimentation en acides gras oméga-6. L'ALA et le LA utilisant les mêmes enzymes pour la synthèse des AGPI à plus longue chaîne, les deux voies métaboliques se trouvent en concurrence. Ainsi, une forte consommation de LA favorise la voie d'élongation des AGPI n-6, inhibe de façon concurrente la désaturation de l'ALA et réduit la formation de l'EPA et du DHA (Lavialle et Layé, 2010).

1.4.2. Quelques sources d'acides gras oméga-3

Les AGPI oméga-3 proviennent surtout de produits végétaux tels que des huiles végétales comme l'huile de colza et de certains fruits secs (noix, noisettes, amandes, *etc.*). Leur concentration dépend de l'espèce végétale et aussi de l'organe de la plante (Perreault, 2015). Les AGPI oméga-3 à longue chaîne chez les animaux sont plus concentrés chez les poissons gras (maquereau, hareng, saumon).

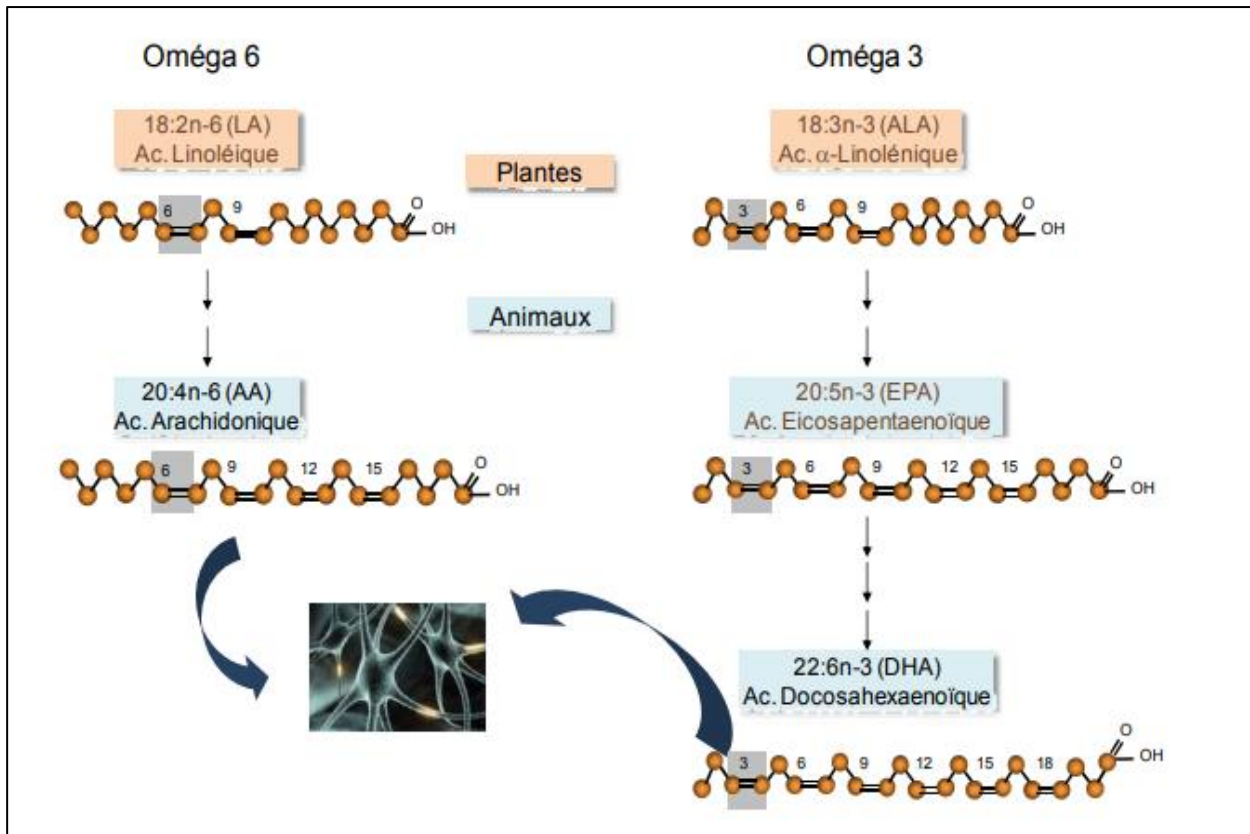


Figure 3 : Structure et voie métabolique des oméga-6 et oméga-3

(Lavialle et Layé, 2010)

Les acides gras oméga-3 sont généralement plus concentrés dans les graines (Tableau IV). Il y a très peu d'AGPI oméga-3 dans la viande (Hermier, 2010) (Tableau V). Comme les poissons, les volailles et les lapins font partie des meilleures espèces convertisseuses de l'ALA en AGPI-LC (Mourot, 2010). Il est donc souhaitable que l'alimentation fournisse en quantité adaptée, non seulement les acides gras essentiels mais aussi leurs dérivés à longue chaîne pour éviter les risques de déficience. Pour ce faire, une des stratégies trouvées est d'enrichir le régime alimentaire des animaux en ALA afin de permettre à l'homme de bénéficier des acides gras oméga-3 via des produits animaux (Kovacs *et al.*, 2000). Ainsi, un œuf enrichi peut contenir entre 0,2 et 0,4 g d'acide gras oméga-3 pour 100 g d'acides gras (Bourre, 2004a). La substitution d'une fraction de la nourriture destinée aux animaux par des graines de lin, source d'acide gras oméga-3 permet d'avoir 12 fois plus d'ALA dans les œufs, 10 fois plus dans le lapin, 4 fois plus dans le poulet et 3 fois plus dans la viande de porc et dans le lait. Et tout cela sans modifier les habitudes alimentaires (Weill *et al.*, 2002). Il faut préciser que l'enrichissement des œufs est proportionnel à la quantité d'acides gras oméga-3 présente dans l'aliment de la pondeuse (Bourre, 2005a ; Anderson *et al.*, 1989 ; Ferrier *et al.*, 1995). Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour l'ALA sont de 2 g pour les hommes, 1,6 g pour les femmes (2 g quand elles sont enceintes et 2,2 g quand elles allaitent) et de 1,5 g pour les personnes âgées (Bourre, 2004a). L'intervalle de référence des besoins en lipide se situe entre 35 à 40 % des apports énergétiques totaux. L'apport satisfaisant en acide linoléique et en α -linoléique est respectivement de 4 et 1 % de l'apport énergétique total pour l'adulte de 2000 Kcal/jr (ANSES, 2016).

1.4.3. Acides gras Oméga-3

Les AGPI oméga-3 peuvent exercer leurs actions cellulaires par au moins trois mécanismes. Tout d'abord, à l'instar des autres acides gras, ils s'incorporent sous forme de phospholipides dans les membranes cellulaires. Ensuite, en servant de substrats à la cyclooxygénase et à la lipoxygénase, ils sont à la base de la production d'éicosanoïdes anti-inflammatoires et anti-agrégants. Les principaux dérivés lipidiques considérés comme des hormones sont les prostanoïdes et les leucotriènes. Ils jouent un rôle important dans de nombreuses fonctions physiologiques (Lavialle et Layé, 2010). Enfin, les AGPI oméga-3 régulent la transcription génique en activant les récepteurs nucléaires PPAR- γ et RXR (Beauregard, 2016).

Tableau IV : Quelques sources naturelles d'oméga-3 et composition en acides gras dans les graines

Espèces de Plante	AGS	C18:1 ω 9	C18:2 ω 6	C18:3 ω 3	ω 6/ ω 3	Auteurs
Lin (<i>Linum usitatissimum</i>)	7,90	15,70	15,90	58,30	0,27	(Peiretti et Meinerrri, 2010)
	11,01	18,51	17,25	53,21	0,32	(Popa <i>et al.</i> , 2012)
	10,20	6,10	17,40	64,90 - 49,90	0,27- 0,35	(Heuer <i>et al.</i> , 2002)
Chia (<i>Salvia hispanica</i>)	12,60 - 17,10	1,60 - 3,60	10,30 - 12,40	64,10	0,16-0,19	(Peiretti et Gai, 2009)
Pérille de Nanki	8,20	12,10	16,20	62,00	0,26	(Peiretti <i>et al.</i> , 2011)
(<i>Perilla frutescens</i>)	9,80	20,70	27,10	51,0	0,53	(Huang <i>et al.</i> , 1997)

Tableau V : Quantité d'oméga-3 à longue chaîne présente dans 100 g d'aliments

Espèces animales	EPA + DHA g/100g
Maquereau	2,50
Saumon	1,28- 2,15
Hareng	1,60- 2,01
Thon	0,28- 1,60
Truite	1,15
Sardine	1,15- 2
Flétan	0,47- 1,28
Huître	0,44
Crevette	0,32
Bœuf	0,25
Agneau	0,50
Porc	0,70

Sources : Givens *et al.*, 2000 ; Din *et al.*, 2004

1.4.4. Intérêts des AGPI oméga-3 chez l'homme

De nombreuses études ont cherché à corréler l'apport alimentaire en AGPI oméga-3 (ALA, et surtout EPA et DHA) et l'incidence de maladies coronariennes (Hirai *et al.*, 1989). Sur 14 études de cohortes, 12 ont mis en évidence un effet protecteur de la consommation d'AGPI oméga-3 sur les maladies cardio-vasculaires (Kagawa *et al.*, 1982). Cet effet semble plus marqué avec la consommation d'EPA et de DHA qu'avec celle d'ALA. Un apport limité en acides gras saturés et le respect d'un équilibre en acides gras polyinsaturés oméga-3/oméga-6 ont un réel bénéfice pour la santé et en particulier pour la prévention des maladies cardiovasculaires. Le rapport AGPI oméga-3/AGPI oméga-6 doit se situer entre 1/4 et 1/10, l'optimum étant de 1/5 (Lavialle et Layé, 2010). Mais les préoccupations au sujet d'un excès d'AGS et d'une carence en AGPI n-3 dans l'alimentation humaine ont conduit à recommander que le rapport C18:2 n-6/C18:3 n-3 dans l'alimentation soit abaissé sous 5 (ANSES, 2011). Des études animales indiquent qu'une consommation élevée (>2 g/j) d'AGPI n-3 fait baisser la pression artérielle (Geleijnse *et al.*, 2002). Selon la FAO (2014), un apport élevé d'AGPI n-3 serait à l'origine d'une baisse du risque des cancers colorectaux, de la prostate et du sein. L'acide docosahexaénoïque (DHA) par exemple, reste le seul acide gras n-3 utilisé comme principal constituant structurel et fonctionnel des photorécepteurs, des neurones et de leurs synapses de signalisation au cours de ces 600 millions d'années de l'évolution animale (FAO, 2014). Mais le DHA issu de l'alimentation est dix fois plus efficace pour le développement du cerveau que le DHA issu de la synthèse endogène de l'ALA (Crawford *et al.*, 1976). Pour le bon fonctionnement du cerveau le rapport AGPI n-3/n-6 dans le régime alimentaire doit être compris entre 1/2 et 1. L'EPA et le DHA interviennent sur l'hémostase et la vasomotricité en affectant l'expression d'enzymes impliquées dans la synthèse des eicosanoïdes (Lemaitre *et al.*, 1997). L'effet hypotenseur des AGPI oméga-3 est corrélé à leur action sur la fluidité membranaire, mais également à leur capacité à influencer l'équilibre prostanoïque qui agit sur la constriction et la dilatation de la paroi artérielle (Singer *et al.*, 1990). Chez l'homme, de fortes concentrations plasmatiques en AGPI oméga-3 diminuent le risque de dépression clinique ou de troubles du comportement (Hibbeln *et al.*, 1997). Le corps humain a donc besoin d'ALA pour rester en bonne santé (Harper *et al.*, 2006). Les AGPI oméga-3 contrôlent notamment l'expression de nombreux gènes codant des protéines impliquées dans le métabolisme lipidique et glucidique (Lavialle et Layé, 2010). Les enfants qui ont un taux sanguin en DHA insuffisant présentaient un retard du développement des fonctions visuelles (Hoffman *et al.*, 2004 ; Innis et Friesen, 2008). Il a été montré que la carence en acides gras ω 3 perturbe l'audition, en particulier au niveau de la réponse cérébrale. De plus, elle accélère ou rend plus précoce le

vieillessement du système nerveux auditif (Bourre *et al.*, 1999). Le déficit en acides gras ω 3 altère le goût. Par exemple, il faudra une quantité de sucre plus grande chez les individus qui sont déficients en cet acide gras pour percevoir le goût sucré (Frances *et al.*, 2000). Cependant, la mauvaise utilisation et conservation (friture, conservation à l'état congelé par exemple) des huiles riches en oméga-3 peut devenir très néfaste pour la santé humaine. (Trautwein, 2001 ; Bourre, 2003). En effet, l'oxydation des huiles donnera des radicaux libres et les hydroperoxydes et certains produits secondaires de l'oxydation comme le malonaldéhyde, les polymères, etc. Ces produits sont potentiellement toxiques, induisant des dommages protéiques et une altération des composés cellulaires (Kubow, 1990 ; Kanazawa *et al.*, 2000). L'oxydation des lipides s'accompagne de la détérioration d'autres constituants des aliments, parmi lesquels les vitamines liposolubles, les stérols et les protéines (Genot *et al.*, 2003).

CHAPITRE 2 : GÉNÉRALITÉS SUR LA PINTADE

La pintade est un oiseau dont l'élevage peut réussir sans grand moyen en condition semi-intensive (Yildirim, 2012). Elles croissent lentement mais consomment moins d'aliment que les poulets (Olomu, 1983). Selon, Moreki (2009) et Sayila (2009), les pintades résistent aux maladies les plus communes des volailles telles que le Newcastle, le Gomboro et la salmonellose et son élevage exige peu de travail dans sa gestion (Moreki et Seabo, 2012). Le potentiel de production de la pintade comme une volaille alternative à travers le monde est une entreprise prometteuse (Nahashon *et al.*, 2006). Aussi, la pintade a une grande importance socio-économique dans la société rurale où sa viande et ses œufs constituent une source de revenu pour les pauvres fermiers (Bonkougou, 2005).

2.1. Origine de la pintade

Les pintades sont des oiseaux sauvages, originaires d'Afrique du sud et de Madagascar. Elles ont été domestiquées, il y a 2000 ans en Grèce (Bernacki *et al.*, 2013). L'élevage des pintades est accru dans l'Union Européenne particulièrement en France, en Belgique et en Scandinavie (Baeza *et al.*, 2001). Le mot pintade est un nom commun de sept espèces d'oiseaux gallinacés de la famille des numidées qui sont natives d'Afrique (Khairunnesa *et al.*, 2016) (figure 2). Il y a la pintade de Numidie (*Numida meleagris*), pintade à plumage strié (*Acryllium bouvo*), pintade huppée (*Guttera pucherani*), pintade plumifère (*Guttera plumifera*), pintade à poitrine blanche (*Agelastes meleagrides*), pintade vulturine (*Acryllium vulturinum*) et la pintade noire (*Agelastes niger*). En Afrique de l'Ouest, on y trouve la pintade de Numidie (*Numida meleagris*) (Huart *et al.*, 2004). Des pintades de Numidie (*Numida meleagris*), il y a la race perle, blanche et la race lavande qui sont les principales races domestiquées (Ayorinde, 1987a). La systématique de la pintade selon la classification de Linaeus (1753) est la suivante :

Règne	:	Animal
Embranchement	:	Chordé
Sous-embranchement	:	Vertébré
Classe	:	Oiseaux
Ordre	:	Galliformes
Famille	:	Numideae
Espèce	:	<i>Numida meleagris</i>

2.2. Alimentation des pintades

La production de pintade (*Numida meleagris*) est très développée dans les communautés à faibles revenus et à faibles ressources (Saina *et al.*, 2005). En effet, les pintades ont de faibles besoins en intrants et une grande capacité de recherche de nourriture (Hamm *et al.*, 1982 ;

Agwunobi et Ekpenyong, 2006). La pintade a une meilleure capacité à digérer les fourrages verts et est très habile pour chasser des insectes et trouver des graines (Mishra *et al.*, 2002). Les aliments apportés aux pintades par ordre d'importance, en terme de quantité sont le sorgho (blanc et rouge), le mil, le maïs, les termites et le sésame. Ces compléments sont distribués à tous les stades de développement sauf que les termites sont apportés prioritairement aux pintadeaux (Sanfo *et al.*, 2007). La potasse ajoutée à l'eau de boisson est une méthode pratiquée par des méléagriculteurs les deux à trois jours après éclosion afin de donner plus de vigueur aux pintadeaux et les protéger des maladies diarrhéiques. La fréquence de l'apport des compléments alimentaires varie généralement en fonction de l'âge. Les paramètres de reproduction des pintades sont influencés par le taux de protéine dans l'alimentation car l'énergie ne fait pas varier significativement ces différents paramètres (Alli et Ayorinde, 2013). Selon ces auteurs, pour une performance de reproduction optimale, l'aliment des pintades pondeuses doit contenir 20 % de protéine brute et l'énergie métabolisable de 2750 kcal/kg. Les besoins des pintades en fonction de l'âge sont présentés dans le tableau VI.

2.3. Formation de l'œuf

2.3.1. Anatomie et formation de l'appareil reproducteur femelle

La plupart des espèces aviaires ont des organes reproducteurs communs. Le développement de l'appareil reproducteur se réalise en deux étapes qui sont la mise en place de l'ovaire et de l'oviducte. Jusqu'à trois jours de vie embryonnaire, les cellules germinales s'accumulent à gauche et à droite de l'embryon et deviennent considérables à gauche après huit jours. La différenciation sexuelle gonadique s'accomplit au bout de sept jours, et seule la gonade gauche se développe en ovaire, tandis que la gonade droite régresse (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010). L'oviducte lui, croît de façon symétrique à gauche et à droite de l'embryon pendant les quatre premiers jours (Guioli *et al.*, 2007). Mais au 8^{ème} jour, celui de droite cesse la croissance et régresse pour former un résidu de tissu médullaire au moment de l'éclosion. C'est donc l'oviducte gauche, qui se développe pour constituer à l'âge adulte l'appareil génital fonctionnel. Il se différencie dès le 12^{ème} jour en plusieurs segments : l'infundibulum, le magnum, l'isthme, l'utérus et le vagin (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010) (Figure 4). A l'âge adulte la différenciation de l'ovaire est plus marquée et se compose de deux régions. La zone médullaire constituée d'une enveloppe externe entourant une partie centrale très vascularisée et un cortex qui contient les follicules ovariens, lieu de la folliculogenèse et de l'ovogenèse. L'irrigation de l'ovaire se fait par l'intermédiaire de l'artère rénale crâniale ou directement à partir de l'aorte dorsale (Johnson, 2000).

Tableau VI : Besoins alimentaires des pintades reproductrices

Paramètres	Semaines						
	0-4	5-8	9-14	13-21	22-28	29 ♀	29 ♂
EM (kcal/kg)	2898	2850	2827	2851	2901	2853	2679
Protéine brute	23,5	19,2	14,6	13,5	14,5	17,5	18
Fibre brute	3,8	4,5	4,7	5,0	4,8	5,0	5,0
Lipide brute	5,7	5,8	3,15	5,0	5,0	4,5	4,8
Matière sèche	88	87,8	87	87	87,5	87,5	87,5
Calcium	1,0	1,1	0,8	0,75	-	3,8	1,25
Phosphore	0,8	0,7	0,6	0,54	0,7	0,74	0,7
Phosphore libre	0,5	0,4	0,35	0,25	0,4	0,45	0,35
Méthionine	0,45	0,4	0,3	0,26	0,3	0,4	0,3
Lysine	1,3	0,9	0,55	0,48	0,8	0,8	0,79
Méthionine+ cystine	0,8	0,7	0,56	0,54	0,6	0,7	0,6
Tryptophane	0,3	0,2	0,16	0,15	0,16	0,2	0,2

Source : INRA (1989)

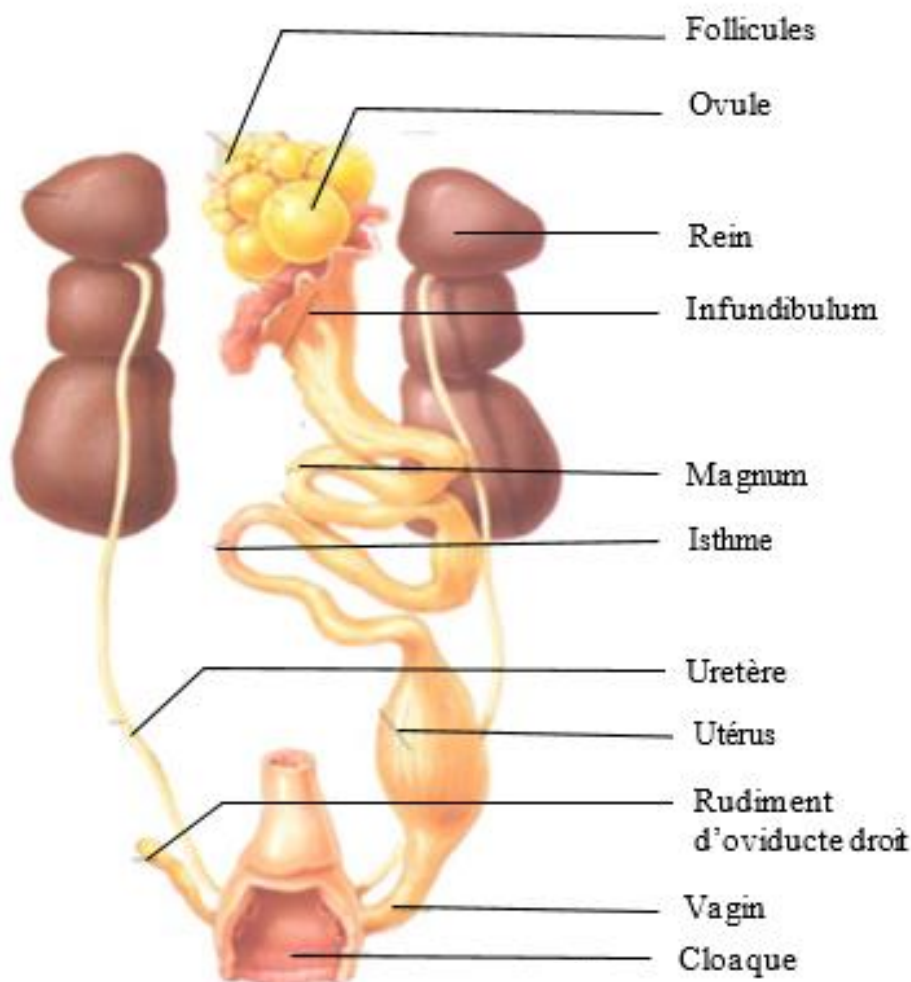


Figure 4 : Organes reproducteurs chez les oiseaux

Source : Del Hoyo *et al.* (1992)

L'ovaire chez l'adulte a l'aspect d'une grappe (grappe ovarienne) présentant 7 à 10 follicules dont le jaune (vitellus) est en phase d'accroissement rapide. Des milliers d'autres follicules sont apparents sur l'ovaire mais seule une partie d'entre eux se développera pour former un jaune. Quant à l'oviducte, il garde ces différenciations acquises depuis le 12^{ème} jour (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010).

2.3.2. Formation et dépôt des constituants de l'œuf




Lors de l'ovulation, le jaune de l'œuf (vitellus) est libéré et récupéré par l'oviducte suivi des dépôts successifs des autres constituants dans les différents segments de l'oviducte au cours d'un processus qui dure environ 25 à 26 heures (Figure 5).

Le jaune séjourne 20 minutes dans l'infundibulum qui est le siège de la fécondation et le lieu de dépôt de la membrane vitelline externe (Sauveur et Nys, 1988). Cette membrane est constituée de glycoprotéines et s'apparente aux protéines majeures de la zone pellucide (Takeuchi *et al.*, 1999 ; Mann, 2008). L'œuf en formation pénètre ensuite dans le magnum et ressort trois heures 30 minutes plus tard. Le jaune s'entoure alors des protéines du blanc (albumen). Toutes les protéines de l'albumen sont synthétisées puis sécrétées localement par le magnum au passage de l'œuf en formation (Etches, 1996 ; Nys et Sauveur, 2004).

L'œuf descend ensuite dans l'isthme où se déposent les deux membranes coquillères internes et externes durant 1 heure 15 minutes. Environ 5 heures après l'ovulation du jaune, l'œuf arrive dans l'utérus où il restera 21 heures. Durant six à sept heures dans l'utérus, les protéines du blanc sont hydratées. Une fois l'hydratation des protéines du blanc achevée, la minéralisation de la coquille commence dans le fluide utérin. Cette minéralisation est produite par précipitation de carbonate de calcium associé à des constituants organiques puis une cuticule organique est mise en place. Elle bouche les pores de la coquille calcique mais permet les échanges gazeux. Chez les œufs roux, une pigmentation est mise en place. L'œuf ainsi formé, transite alors par le vagin et le cloaque avant d'être pondu (oviposition), 24 heures environ après l'ovulation du jaune et sa captation par l'oviducte. (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010).

2.3.3. Formation du jaune et développement de l'ovocyte

Après éclosion, un stock d'environ 12000 ovocytes primaires est disponible dans l'ovaire et constitue la réserve définitive des gamètes. Parmi les 12000 ovocytes, moins de 2000 feront l'objet d'une évolution aboutissant à la production d'un jaune. L'ensemble des ovocytes entame une phase d'évolution lente pendant les premières semaines qui suivent l'éclosion.

Repères anatomiques			Fonctions	Temps
OVAIRE	Dimension (cm)		 Dépôt du jaune	150 j
	7	Follicules		Dépôt du jaune
			 Ovulation	0
OVIDUCTE	9	Infundibulum	 Fécondation	20 min
	33	Magnum	Dépôt du blanc	3 h 30
	10	Isthme	Dépôt des membranes coquillières	1 h 15
	10	Utérus	Dépôt de la coquille	21 h
	10	Vagin	Expulsion de l'œuf (oviposition)	

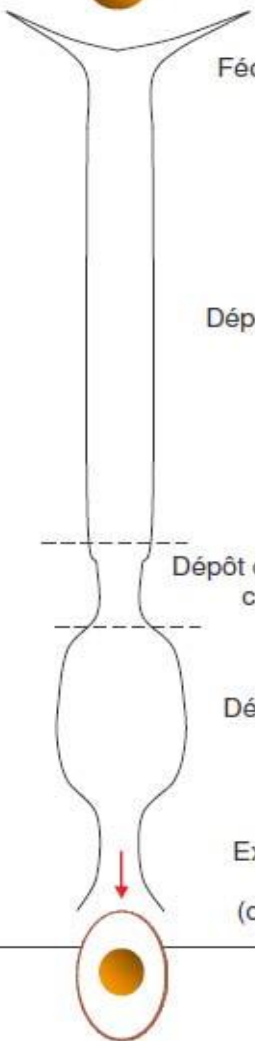


Figure 5 : Processus de formation de l'œuf

Source : Sauveur et Nys (1988)

Cette phase correspond à une individualisation des ovocytes par la mise en place de l'épithélium folliculaire, puis à une accumulation de protéines dans les ovocytes, issues de la granulosa ou du fluide périvitellin. Un nombre important de ces follicules primordiaux demeurent à l'état quiescent au cours des années qui suivront (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010).

Ainsi les follicules qui poursuivent la croissance sont en nombre limité et ils accumulent dans le même temps du matériel protéique et lipidique. Une phase de sélection des follicules d'un jour d'intervalle est nécessaire pour le bon développement de ceux-ci. Les follicules sélectionnés amassent rapidement les protéines et lipides produits par le foie : c'est le stade de follicule en plein accroissement. La sélection des ovocytes et la hiérarchisation folliculaire est sous la dépendance des hormones de l'axe hypothalamo-hypophysaire et notamment les hormones gonadotrophines (l'hormone lutéinique (LH) et l'hormone folliculo-stimulante (FSH) (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010).

2.3.4. Synthèse hépatique des constituants du jaune (vitellus)

Le foie des oiseaux est le site privilégié de synthèse du cholestérol du jaune de l'œuf ainsi que les triglycérides, les phospholipides et les protéines. La synthèse hépatique des constituants du jaune est sous contrôle des œstrogènes produits essentiellement par la thèque des petits follicules puis la maturation finale du follicule qui va ovuler est sous la dépendance de la progestérone. Au final, le jaune est une émulsion d'eau, de lipoprotéines riches en triglycérides, en VLDL et de protéines, essentiellement lipovitelline et phosvitine auxquelles s'ajoutent de nombreux constituants en quantité mineure (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010). Les précurseurs du jaune sont acheminés par voie sanguine par les VLDL et sont transférés dans la paroi folliculaire par les pores des capillaires sanguins situés à ce niveau. La transmission des précurseurs du jaune (VLDL et vitellogénine) dans le follicule se fait par endocytose (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010).

2.4. Reproduction des pintades

La date de maturité sexuelle est fonction de la race et donc de la génétique mais aussi de l'origine de l'oiseau et du sexe. Au Burkina Faso, le mâle atteint sa maturité sexuelle à 6,2 mois et la femelle à 7,1 mois (Sanfo *et al.*, 2007). La pintade peut débuter la ponte entre 16 et 17 semaines d'âge pendant la saison pluvieuse en Afrique tropicale (Fani *et al.*, 2004). Selon ces auteurs 100 œufs sont pondus par pintade en une année avec une durée moyenne de carrière de 3 ans. La majorité des mélagriculteurs pratiquent un sex ratio de 3 femelles par mâle. Le taux d'éclosion pour 25 à 30 œufs mis sous la poule est estimé à 90 % pendant la saison

pluvieuse et à 75 % pendant la saison sèche (Sanfo *et al.*, 2007). En gestion intensive, la pintade domestique a une capacité de ponte plus élevée. La souche française Galor peut produire 170 œufs sur une période de ponte de 36 semaines. En litière profonde ou en parc, il est possible d'obtenir 50 à 75 pintadeaux /femelle sur une période de ponte de 24 semaines.

2.5. Caractéristiques de l'œuf de pintade

Un œuf de volaille se compose d'une coquille, d'un albumen et d'un jaune (Yu *et al.*, 2017). La part de chacun des constituants varie en fonction de l'espèce. L'œuf assure 20 à 30 % du besoin journalier de l'homme en de nombreux minéraux et vitamines (Nau, 2010). Il est cependant déficitaire en glucides, en calcium et en vitamine C. L'œuf de pintade présente une forme conique avec des extrémités émoussées et pointues. Aussi, la forme de l'œuf est exprimée en terme d'indice de forme (Dudusola, 2010). L'œuf de pintade est plus petit que celui de la poule et est majoritairement tacheté aux extrémités ou sur l'ensemble de la coquille.

2.6. Intérêts de l'élevage de pintades

La pintade est un oiseau dont l'élevage peut réussir sans grands moyens en condition semi-intensive (Yildirim, 2012). Elles consomment moins d'aliment que les poulets (Olomu, 1983). Selon, Moreki (2009) et Sayila (2009), les pintades résistent aux maladies les plus communes des volailles telles que le Newcastle, le Gomboro et la salmonellose et son élevage exige peu de travail dans sa gestion (Moreki et Seabo, 2012). Le potentiel de production de la pintade comme une volaille alternative à travers le monde est une entreprise prometteuse (Nahashon *et al.*, 2006). En effet, la pintade a une grande importance socio-économique dans la société rurale africaine où sa viande et ses œufs constituent une source de revenu pour les pauvres fermiers (Bonkougou, 2005). La viande de pintade est beaucoup appréciée par les consommateurs à cause de sa saveur (Alli *et al.*, 2011). En Afrique de l'Ouest, en dehors des œufs de poules, les œufs de pintades sont les plus consommés. Sa viande et ses œufs ont un taux de protéine élevé avec un faible taux de matière grasse (Mróz *et al.*, 2016 ; Ayeni, 1980). La viande de pintades contient approximativement 28 % de protéines à comparer à 20 % chez la poule (Ayeni, 1980). Ces œufs sont souvent utilisés pour améliorer la virilité et la puissance sexuelle chez l'homme (Moreki et Seabo, 2012).

CHAPITRE 3 : QUALITÉS DES ŒUFS DE PINTADES

La qualité d'un œuf est un déterminant important de son devenir commercial et de sa valorisation. Cette qualité est appréciée par différents critères (la qualité de la coquille, la couleur de la coquille, et la qualité du contenu de l'œuf). Cette qualité se dégrade avec le vieillissement de la pondeuse, quelle que soit la souche (Nau *et al.*, 2010). La qualité d'un œuf est donc un ensemble de caractéristiques capable d'affecter son acceptabilité pour le consommateur. On peut citer la propreté, la fraîcheur, le poids des œufs, l'épaisseur de la coquille, l'indice de jaune, l'indice d'albumine et la composition chimique du jaune et du blanc (Stadelman, 1977 ; Song *et al.*, 2000). Ces caractéristiques se regroupent en deux grands ensembles que sont les paramètres physiques et les paramètres nutritionnels.

3.1. Qualités physiques des œufs

Le poids de l'œuf est un important paramètre non seulement pour le consommateur mais aussi pour l'éleveur pour la reproduction (Genchev, 2012). C'est donc un paramètre à considérer lorsqu'on veut déterminer les conditions d'incubation des œufs. La coloration de la coquille est un aspect important de qualité à travers le monde bien qu'elle ne reflète pas la qualité interne de l'œuf (Lang et Wells, 1989). En somme, les paramètres de qualité physique des œufs comprennent les composants majeurs de l'œuf qui définissent le poids entier et les aspects physiques liés à la coquille ainsi que la couleur du jaune (Tableaux VII et VIII). La qualité de la coquille par exemple reste une préoccupation majeure en production d'œufs car un défaut de celle-ci reste la principale cause du déclassement des œufs (Panhéleux *et al.*, 1997). Le sélectionneur recherche également une viscosité initiale élevée du blanc pour réduire la liquéfaction ultérieure. Cette viscosité est mesurée indirectement par l'unité Haugh qui mesure aussi la fraîcheur de l'œuf (Nau *et al.*, 2010)

3.2. Qualités nutritionnelles des œufs

Les œufs des volailles en général contiennent d'importants nutriments (Tableaux IX et X). Ils sont pourvus de toutes les protéines, les lipides, les vitamines, les minéraux, les facteurs de croissances nécessaire au développement embryonnaire et d'autres mécanismes de défenses contre les bactéries et les infections virales (Hansen *et al.*, 1998). Un œuf apporte environ 300 mg de cholestérol par jour, ce qui correspond à l'apport nutritionnel conseillé par jour. Le jaune d'œuf est une excellente source de protéines et de lipides (Protais, 1988). Ils contiennent tous les acides aminés essentiels (l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la

méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane, la sérine et la valine) et les acides gras essentiels comme les AGPI oméga-3.

Tableau VII : Paramètres physiques externes des œufs de pintades

Auteurs	Paramètres							
	P (g)	L (cm)	GD (cm)	Prop C (%)	SC (cm ²)	ICo (%)	IF (%)	EMC (mm)
Houndonougbo <i>et al.</i> , 2014	40,73	4,91	3,82	17,42	55,24	12,84	78	0,461
	40,81	4,99	3,75	18,6	55,35	13,71	75	0,485
Dudusola, 2010	46,7			13,5	73,13		80	0,5
Obike <i>et al.</i> , 2011	37,7	4,7		19,3			79	0,4
Song <i>et al.</i> , 2000	46,7	5,1		13,5	73,13		80	0,5
Kgwatalala <i>et al.</i> , 2013	41,42	5,09		14,66	60,27		76	0,56
Sogunle <i>et al.</i> , 2017	38,07	4,7	3,81	13,63		13,98	81,12	
Bernacki <i>et al.</i> , 2013	40,8	5	3,78	14	56,3		75,6	0,44

P= Poids de l'œuf, L= Longueur de l'œuf, GD= Grand diamètre de l'œuf, Prop C= Proportion de la coquille, SC= Surface de la coquille, ICo= index de la coquille,

IF= Index de la forme, EMC= Epaisseur médiane de la coquille

Tableau VIII : Paramètres physiques internes des œufs de pintades

Auteurs	Paramètres							
	Prop B (%)	Prop J (%)	H B (mm)	H J (mm)	IB	IJ	UH	CJ
Houndonougbo <i>et al.</i> , 2014	60,3	37,7	6,07	17,3	0,80	4,57	83,4	6,3
	61,4	38,3	6,51	17,4	0,89	4,46	85,9	7,5
Dudusola, 2010	55,9	30,6				5,3	80,9	
Obike <i>et al.</i> , 2011	60,3	37,7	7,3	13,09				
Song <i>et al.</i> , 2000	55,9	30,6				5,3	80,9	
Kgwatalala <i>et al.</i> , 2013	57,71	30,64	6,26	16,7		0,45	84,29	
Sogunle <i>et al.</i> , 2017		30,68	5,57	13,93	0,23	0,40	80,83	

Prop B = Proportion du blanc, Prop J= Proportion du jaune, HB= Hauteur du blanc, HJ= Hauteur du jaune, IB= Index du blanc, IJ= Index du jaune, UH= Unité Haugh,

CJ= Coloration du jaune

Tableau IX : Composition nutritionnelle des œufs de pintade

Auteurs	Paramètres nutritionnels des œufs								
	MS (%)		MM (%)		LB (%)		PB (%)		Chol T (mg /100g)
	Blanc	Jaune	Blanc	Jaune	Blanc	Jaune	Blanc	Jaune	
Dudusola, 2010	12,54	50,2	0,79	1,86	0,13	31,91	15,74	10,61	
Bashir <i>et al.</i> , 2015	12,55	49,5	0,7	2,15	1,21	31,49	5,8	4,3	
Oguntona et Hughes, 1988						12,3			1520-1830

MS= Matière sèche ; MM= Matière minérale ; LP= lipide brut ; PB= Protéine brute ; Chol T= Cholestérol total

Tableau X : Profil en acides gras des œufs de pintade

Auteurs	Régimes	Paramètres					
		AGS (%)	AGM (%)	AGPI (%)	$\omega 3$ (%)	$\omega 6$ (%)	$\omega 6 / \omega 3$
Oguntona et Hughes, 1988 (Pintade)	R1	48,98	29,99	20,93	-	16,88	
Reiner <i>et al.</i> , 1995 (Autriche)	R2	43,7	38,7	17,17	2,4	11,1	4,62
	R3	45,22	39,40	14,78	0,42	14,37	34,58
Khan <i>et al.</i> , 2015 (Poulet en 4 sem.)	R4	39,19	37,36	23,72	5,63	25,16	3,33
	R5	39,6	39,98	25,95	1,31	21,64	19,03
Souza <i>et al.</i> , 2008 (Poulet en 28 jrs)	R6	37,10	41,63	21,27	4,23	17,04	4,03

AGS= acide gras saturé ; AGM= acide gras monoinsaturé ; AGPI= acide gras polyinsaturé ; $\omega 3$ = oméga-3 ; $\omega 6$ = oméga 6 ; R1= : non spécifié ; R2= non spécifié ; R3=aliment commercial ; R4= aliment commercial supplémenté de 8% de graines de lin ; R5= aliment commercial ; R6= aliment commercial supplémenté de 2% d'huile de graines de lin

CHAPITRE 4 : FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITÉ DES ŒUFS

Les œufs peuvent être considérés comme une excellente source de protéines peu coûteuse et acceptée à travers le monde entier (Yuceer et Caner, 2014). La qualité des œufs influe considérablement sur l'acceptation des consommateurs et sert de facteur déterminant dans le prix de vente des œufs de table (Chukwuka *et al.*, 2011). Des variations de la composition des constituants observés chez la volaille sont liées premièrement à la pondeuse selon son origine génétique, son âge et son alimentation (Bouvarel *et al.*, 2010 ; INRA, 2013). Secondairement, il peut y avoir d'autres phénomènes comme la mue, les maladies, le stress thermique ainsi que les conditions d'entreposage qui peuvent affecter la qualité des œufs (Roberts, 2004).

4.1. Souche

La génétique est un facteur important dans la détermination de la qualité de l'œuf. L'effet des génotypes a donné une différence de qualité des œufs chez les cailles (Hrnčár *et al.*, 2014). Ces auteurs ont montré que les œufs de cailles de chair ont certains paramètres comme le poids de l'œuf, l'index de forme, le poids de la coquille, de l'albumen et du jaune ainsi que l'index du jaune dont les valeurs sont plus élevées que celles des cailles pondeuses. Tossou *et al.* (2015) ont montré que la souche a un effet significatif sur un certain nombre de paramètres de qualité des œufs chez les poules pondeuses. Il s'agit de la proportion de la coquille, l'index de la coquille, l'épaisseur de la coquille, l'index du jaune, du blanc et de l'unité Haugh. Selon ces auteurs, le poids des œufs diffère d'une souche à l'autre.

4.2. Âge à la maturité sexuelle et âge de la pondeuse

L'âge de l'entrée en ponte est déterminant pour la qualité des futurs œufs, cet âge est déterminé génétiquement selon l'espèce. Le poids de l'œuf évolue avec l'âge de la pondeuse. Certaines recherches ont démontré qu'une entrée en ponte trop précoce va provoquer une diminution de la qualité des œufs se traduisant par une diminution de l'unité Haugh, un accroissement du nombre de taches de sang et une augmentation du nombre d'œufs fêlés (Protais, 1988).

L'âge des pondeuses constitue le principal facteur influençant la qualité initiale de l'œuf qui tend à se dégrader au cours de la ponte et surtout après le 9ème mois de production (Protais, 1988). On observe l'apparition de coquilles de plus en plus fragiles. Il est connu que lorsque la pondeuse vieillit, le poids de l'œuf augmente, avec des coquilles plus fines et donc fragiles.

4.3. Température

Les oiseaux sont des animaux à sang chaud ou homéothermes (Joly, 2003). Leur température interne assez élevée, comprise entre 40 et 42 °C est constante quelle que soit la température extérieure (Kacou et Adon, 2004). La régulation de cette température est effectuée par leur métabolisme élevé et leur plumage. Dans les conditions normales, lorsque la température augmente, la pondeuse diminue sa consommation d'aliment et par conséquent celle du calcium, mais elle augmente son rythme respiratoire et sa consommation en eau. En élevage, à partir de 30°C, il y a des perturbations de l'équilibre acido-basique et une chute de la consommation d'aliment entraînant ainsi une réduction de la production des œufs, une baisse du poids et une mauvaise qualité de la coquille voire une coquille absente (Travel *et al.*, 2010 ; Brou *et al.*, 2012). Pour une production optimale des poules, la température doit être comprise entre 22 et 24°C.

4.4. Alimentation

L'alimentation des oiseaux influence la production des œufs à travers le nombre ou le poids des œufs. Cependant, les macroconstituants comme les lipides bruts, les protéines brutes et les macroéléments minéraux dans les œufs sont très peu variables (Bouvarel *et al.*, 2010). En revanche, certains constituants des aliments comme les acides gras, les vitamines, les oligo-éléments et les caroténoïdes influencent directement leur teneur dans le jaune des œufs (Regost, 2001). L'apport des lipides dans l'alimentation est indispensable car ils sont vecteurs des acides gras essentiels, des vitamines liposolubles comme les vitamines A, D, E et K. Ils sont également une source énergétique non négligeable (Sargent *et al.*, 1989). En dehors du tryptophane, les acides aminés comme la méthionine, la valine, la lysine et la thréonine ont un grand effet sur le poids de l'œuf. Cependant, les composés phénoliques et les tannins réduisent la biodisponibilité des protéines, des hydrates de carbone et des minéraux (Liener, 1994).

Un enrichissement de l'aliment de la pondeuse en acide gras polyinsaturés entraîne une légère diminution de la proportion de jaune au profit de l'albumen (Grobas *et al.*, 1999b ; Faitarone *et al.*, 2013). Dans ces conditions, le profil en acides gras de l'œuf comme de la viande reflète directement la composition en acides gras de l'aliment de la pondeuse (Selvan *et al.*, 2014 ; Kouba, 2006). Cependant, les acides gras saturés comme les acides palmitique (C16 :0) et stéarique (C18 :0) sont plus stables dans l'œuf que les acides gras insaturés (Hermier, 1997 ; Nys et Sauveur 2004). Selon Baeza *et al.* (2015), une augmentation suffisante des régimes en acides gras oméga-3 n'améliore que la qualité nutritionnelle en acides gras oméga-3 mais n'affecte pas la performance de ponte, le poids vif des pondeuses et la qualité technologique

des œufs. L'intensité de couleur du jaune d'œuf est liée à la quantité et à la qualité de pigments caroténoïdes consommée par la pondeuse. En effet, pour une coloration optimale du jaune, il faut un mélange de caroténoïdes jaunes (12 à 20 mg·kg⁻¹) et une faible quantité de caroténoïdes rouges (1 à 2 mg·kg⁻¹) (Bouvarel *et al.*, 2010). Concernant la solidité de la coquille, elle est maximale à partir de l'ingestion de 4 à 4,5 g de calcium par jour (Scott *et al.*, 1999). Une supplémentation de l'aliment ordinaire des pondeuses par 10 % de graines de lin (riches en oméga-3) ne change pas significativement la flaveur et l'acceptabilité des œufs (Hayat *et al.*, 2010). Par contre, les travaux de Caston *et al.* (1994) ont montré un léger goût anormal des œufs frais issus des régimes supplémentés de 10 ou 20% de graines de lin broyé. La variation de certains paramètres de qualité des œufs issue de la supplémentation de l'aliment des volailles est généralement fonction du taux d'incorporation (Odunsi *et al.*, 2002). Il y a certaines sources de substitution au tourteau de soja telles que les farines de poisson et les tourteaux de colza qui donnent des flaveurs désagréables aux œufs avec une intensité liée au taux d'incorporation (Koehler et Bearnse, 1975 ; Leeson et Summer, 1978). En effet, les flaveurs de poisson ou de crabe provenant de l'incorporation de ces aliments sont attribuées à la présence de triméthylamine dans les œufs due à un excès de choline dans les farines de poisson et de sinapine dans les tourteaux de colza. En plus du taux d'incorporation, ces flaveurs sont liées à l'origine de l'aliment de substitution, de la race et de l'âge des pondeuses. Ces modifications sont moins importantes au début du cycle de ponte que 5 mois plus tard (Colas *et al.*, 1979). Les algues spirulines entraînent une augmentation des Unités Haugh et une coloration très intense du jaune (Sauveur *et al.*, 1979)

4.5. Système d'élevage

Les qualités sensorielle, nutritionnelle et technologique de l'œuf sont faiblement affectées et de manière inconstante par le système de production (Travel *et al.*, 2010). Les œufs obtenus des poules logées en cages ou au sol (avec ou sans parcours) montrent que ni le poids de l'œuf, ni sa composition globale ne sont modifiés de façon répétable par le mode d'élevage. Seule une tendance (rarement significative) à l'augmentation de la teneur en acide linoléique et en cholestérol sont observées dans les œufs des poules logées au sol (Sauveur, 1991). Par contre, aucune différence de caractéristiques organoleptiques n'est décelable en l'absence de parcours. Il y a trois systèmes d'élevage.

4.5.1. Elevage extensif

Dans l'élevage extensif ou élevage en divagation, l'aviculture se définit comme la production de volailles à petite échelle utilisant la main-d'œuvre familiale et aussi les ressources alimentaires localement disponibles. Les volailles peuvent divaguer librement dans l'exploitation et rechercher une grande partie de leur propre nourriture, le supplément étant fourni par l'exploitant. En Afrique, en Asie et en Amérique latine, 80 % des fermiers élèvent leurs volailles en système extensif. Le troupeau renferme des oiseaux d'espèces et d'âges variés (FAO, 2004). La coloration du jaune de l'œuf passe du jaune clair à un jaune foncé si la poudeuse a accès à de l'herbe verte ou à un aliment contenant des pigments xanthophylles (Zaman *et al.*, 2004 ; Silversides *et al.*, 2006). La contamination microbienne de l'œuf est plus importante lorsque la poule est élevée en plein-air. Pour limiter cette contamination, il faudra ramasser les œufs plus tôt (au plus tard 6 heures après la ponte) (Sauveur, 1991).

4.5.2. Elevage semi-intensif

Il s'agit d'un système dans lequel les oiseaux sont confinés dans un espace déterminé avec un abri et sont libérés par l'éleveur pendant la journée. Il y a aussi le système en parcs où les oiseaux sont gardés dans un enclos pendant la journée et logés dans un bâtiment pendant la nuit. Les oiseaux sont nourris d'un mélange fait maison où se nourrissent d'aliments commerciaux. Il y a un contrôle sanitaire ou non. L'aliment et l'eau sont distribués à l'intérieur du bâtiment pour éviter le gaspillage et la pollution par la pluie, le vent et les animaux sauvages (FAO, 2004).

4.5.3. Elevage intensif

Ces systèmes sont pratiqués par des entreprises et au niveau familial. Les oiseaux vivent en claustration complète, soit dans les bâtiments ou dans les cages. L'investissement est plus élevé et les oiseaux dépendent entièrement de l'éleveur pour la couverture de leurs besoins. Les oiseaux ne reçoivent que de la nourriture commerciale et il existe un programme de santé standard et régulier. La production est plus importante (FAO, 2004). Pour maintenir cette performance après un temps donné, un phénomène physiologique appelé mue que l'éleveur provoque par un stress hydrique par exemple se manifeste chez les oiseaux. Cette mue permet de restaurer pour un cycle plus court les performances de l'oiseau et la qualité des œufs dégradée en fin de premier cycle (Travel *et al.*, 2010).

4.6. Maladies et infections

Il a été démontré que le tube digestif de la poule a de grandes capacités à laisser passer les polluants, contribuant ainsi à leur transfert vers l'œuf et à sa contamination. C'est le cas des polychlorobiphényles, composés chlorés autrefois utilisés comme additifs des plastiques ou d'anciens pesticides organochlorés (INRA, 2013). La pondeuse s'infecte en picorant le sol pollué.

En cas de pollution du milieu ou de contamination des œufs, une prophylaxie est nécessaire. Il s'agit de la prophylaxie défensive et offensive. La première est basée sur la maîtrise sanitaire des élevages en prenant en compte des multiples sources d'infections. La seconde est basée sur l'abattage total des animaux et la destruction des œufs associés à une désinfection des locaux et du matériel contaminé avec un vide sanitaire approprié en cas d'un foyer épidémique déclaré (Ganière, 2004).

4.7. Temps de conservation des œufs

La durée de conservation des œufs est négativement corrélée avec la qualité des œufs à travers certains paramètres comme l'Unité Haugh, les poids du jaune et du blanc ainsi que leur index (khan *et al.*, 2014). La qualité des œufs conservés dans le temps se définit à travers leur valeur en Unité Haugh (HU). L'échelle des Unités Haugh s'étend pratiquement de 20 à 110 pour des limites applicables classées en quatre catégories. Les valeurs $HU > 72$; $72 \geq HU > 59$; $59 \geq HU \geq 31$ et $HU < 31$ correspondent respectivement aux grades américains AA, A, B et C (USDA, 2000). Lorsque l'Unité Haugh atteint le grade C, l'œuf ne devrait plus être consommé (Yu, 2017). Les résultats des travaux effectués par Samli *et al.* (2005) indiquent que les valeurs d'Unité Haugh diminuent progressivement avec le temps de stockage.

CONCLUSION DE L'ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Les travaux examinés dans cette synthèse bibliographique ont porté essentiellement sur l'utilisation des ressources non conventionnelles dans l'élevage, la qualité des œufs et les facteurs de variation de cette qualité. Certains auteurs ont utilisé ces ressources non conventionnelles dans l'objectif principal de substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles afin de contribuer à une diminution du coût de l'aliment pour plus de profit en élevage. L'atteinte de cet objectif a été problématique pour nombreux d'entre eux, car, bien que ces ressources étaient très bon marché mais contenaient des facteurs antinutritionnels importants. Les études ont montré que ces facteurs ont eu des effets négatifs sur la croissance et sur d'autres activités physiologiques des animaux comme la reproduction à cause de la toxicité des aliments. D'autres par contre, ont utilisé ces ressources dans le cadre d'enrichir les produits animaux. Cependant, ils l'ont fait sur une période d'alimentation donnée pour évaluer la qualité du produit en cette période précise. L'enrichissement a été différents d'un auteur à l'autre par rapport à la période choisie, à la qualité et à la quantité de la ressource non conventionnelle, à l'espèce animale et à l'organe à enrichir. Au niveau des volailles par exemple, certains auteurs estimaient qu'il y avait une variation de certains paramètres de qualité des œufs sous l'effet des nutriments contenus dans l'aliment utilisé. Ces nutriments sont entre autres les acides gras, la protéine, les minéraux et les vitamines. Les paramètres de qualité (notamment nutritionnels) qui varient sont des acides gras oméga-3, du cholestérol, des minéraux et de l'intensité de coloration du jaune. D'autres ont étudié les paramètres physiques tels que le poids de l'œuf et la proportion des éléments majeurs, la fraîcheur de l'œuf et l'épaisseur de la coquille. Ces auteurs expliquent que l'injection de ces ressources n'influençaient pas significativement ces paramètres. Au regard de tout ce qui précède, l'on peut formuler l'hypothèse suivante : le régime alimentaire et le temps d'alimentation sont susceptibles d'influencer les paramètres de production et certains paramètres de qualité des œufs chez les volailles.

DEUXIÈME PARTIE :

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE 1 : MATÉRIEL

1.1.Sites d'enquête et de l'expérimentation

L'étude a été réalisée en Côte d'Ivoire, un pays d'Afrique de l'Ouest dont les coordonnées GPS sont : 7° 32' 23.96" N 5° 32' 49.488" O. La superficie est de 322 462 km² avec une population estimée en 2019 à 22 671 331 (INS, 2019). La pré-enquête a été effectuée au centre du pays dans le district autonome de Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire et dans la région de la Marahoué précisément dans la commune de Bouaflé. Concernant la phase d'enquête, nous avons sélectionné huit (8) régions sur les 31 régions que compte la Côte d'Ivoire et un district autonome en fonction des grandes zones de production de pintades (Figure 5). Ces régions sont réparties sur l'ensemble du territoire national. Au Sud-Ouest, la région de la Nawa avec la ville de Soubré, chef-lieu, la boucle du cacao et la région de San Pédro dont le chef-lieu porte le nom de la région, abrite le deuxième port du pays et grande zone de cacao et d'hévéa. Au Sud, la région des Grands Ponts avec pour chef-lieu, la ville de Dabou, grande zone de production des graines de palme, d'hévéa et de la banane douce. Dans la même zone géographique, on a visité le district d'Abidjan, capitale économique du pays. L'enquête a été réalisée dans les villes environnantes d'Abidjan. Au Sud-Est, la région de l'Indenié-Djuablin, le chef-lieu est Abengourou, zone de production de cacao et de banane plantain. Au Nord-Est la région de Bounkani avec pour chef-lieu, la ville de Bouna, grande zone de production de l'igname. (Nord-Ouest), la région du Folon avec la ville de Milignan le chef-lieu, zone de production de riz, de coton et de l'anacarde. On a aussi la région de Kabadougou avec pour chef-lieu, la ville d'Odienné, zone de production d'anacarde et de coton. A l'Ouest la région de Tonpki, zone de production du cacao, d'hévéa et de bananes plantain. Dans ces différents sites d'enquête on y trouve les trois systèmes d'élevage de volailles bien que les populations s'adonnent plus aux activités de la terre. Pour beaucoup d'entre eux, l'élevage constitue une activité secondaire.

L'expérimentation animale a eu lieu à l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro (INP-HB). La conduite de l'élevage a été effectuée à la grande ferme d'exploitation de l'INP-HB. Les analyses se sont déroulées au laboratoire de Zootechnie de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA) (INP-HB), en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), France.

1.2. Matériel d'enquête

L'enquête a été effectuée en juillet 2017. Toutes les questions nécessaires ont été posées au cours d'entretiens physiques à partir des fiches d'enquête (Annexes 1 et 2). L'étude a consisté en une enquête transversale sur 97 éleveurs de pintades et 19 revendeurs d'œufs de pintades. Les éleveurs de pintades enquêtés sont composés de 22 éleveurs dans le Sud, 02 dans le Sud-Est, 25 dans le Sud-Ouest, 11 dans le Nord-Est, 14 dans le Nord-Ouest et 23 dans l'Ouest. Les revendeurs d'œufs de pintades sont constitués de 04 enquêtés dans le Sud, 12 dans le Sud-Ouest et 03 dans l'Ouest. La fiche d'enquête identifie le site et l'éleveur de pintades. Elle a porté également les paramètres économiques des éleveurs, les paramètres de reproduction des pintades et le matériel d'élevage. En ce qui concerne les revendeurs, la fiche identifie le site et le revendeur d'œufs de pintade. Cette fiche a porté aussi sur les paramètres liés à la commercialisation des œufs de pintades.

1.3. Matériel de l'expérimentation

1.3.1. Régimes expérimentaux

Un aliment commercial "FACI ponte 20" a été acheté dans le commerce en Août 2017. Des graines d'*E. heterophylla* broyées pour avoir de la farine et le tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* obtenu à l'INP-HB après décorticage et séchage, des graines ont été utilisés. Les graines d'*E. heterophylla* ont été récoltées au sein de l'INP-HB dans les champs. Ces graines font 35 % du poids du fruit (36 mg). Les graines d'*H. brasiliensis* ont été achetées avec des producteurs d'hévéa dans la localité de Bouaflé à 1500 F CFA, le sac de 50 kg. La graine séchée pèse en moyenne $3,4 \pm 0,38$ g et l'amande fait 52,08 % du poids de la graine. La composition chimique de l'aliment commercial "FACI ponte 20" figure dans le tableau XI. Les trois régimes sont constitués comme suite, un régime témoin (RT) (100 % aliment commercial "FACI, ponte 20", SIPRA, Côte d'Ivoire), un régime expérimental composé de 95 % RT plus 5 % de farine de graines d'*Euphorbia heterophylla*. Le dernier régime était composé de 95 % RT plus 5 % de tourteau de graines d'*Hevea brasiliensis*. La composition chimique des régimes obtenue à partir de calculs théoriques est présentée dans le tableau XII.



Figure 6: Site d'étude

(Source : Kouassi, 2019)

Légende

- Site d'enquête
- Site de pré-enquête
- Côte d'Ivoire

Tableau XI : Composition chimique de l'aliment commercial "FACI ponte 20"

Composition	Additifs
Matière protéique	16,2 % -Vit.A 12 000 U.I/ kg
Matière grasse brute	7,3 % - Vit. D3 2 400 U.I./ kg
Matière cellulosique brute	4,7 % - Vit. E 64 mg/kg
Matière minérale	14,2 % -Vit. B1, 2, 3, 6, 12
Calcium	3,6 %
Phosphore assimilable	0,3 %- Lysine, Méthionine
Sel	0,13 %- Mg, Mn, Zn, Ca, Pe, Se
Energie métabolisable	2640 kcal/ kg

Aliment complet pour poudeuses à donner à partir de 5% du taux de ponte jusqu'à la réforme. Composition : Maïs, issues de céréales, tourteau (soja-coprah, coton), prémélange, farine de poisson, coquillage, acides aminés, huile.

Tableau XII : Composition chimique théorique des graines d'*Euphorbia heterophylla*, du tourteau de graines d'*Hevea brasiliensis* et des régimes alimentaires

Ingrédient (%)	Graines d'Euphorbia	Tourteau hévéa	RT	RE	RH
FACI			100	95	95
Graine d'Euphorbia			0	5	0
Tourteau d'hévéa			0	0	5
Total			100	100	100

Paramètres calculés

Paramètre	Graines d'Euphorbia	Tourteau hévéa	RT	RE	RH
Energie métabolisable (kcal/kg)	4508,11	3769,73	2640	2733,41	2696,49
Matière sèche (%)	94,32	95,5	90	90,22	90,28
Matière minérale (%)	6,04	5,4	14,2	13,79	13,76
Protéine brute (%)	24,11	33,16	16,2	16,6	17,05
Matière grasse (%)	32,44	28,6	7,3	8,56	8,37
Fibres brutes (%)	10,83	5,7	4,7	5,01	4,75
Calcium (%)	2,58	0,19	3,6	3,55	3,43
Phosphore (%)	1,86	0,68	0,3	0,38	0,32
Calcium/Phosphore	1,4	0,3	12	11,47	11,42

RT = Régime témoin (100 % aliment commercial) ; RE = régime supplémenté de 5 % de la farine des graines d'Euphorbia; RH = régime supplémenté de 5 % de tourteau des graines d'hévéa

1.3.2. Matériel animal

Au total, 144 pintades femelles de race Galor (race française sélectionnée) (Figure 7) ont été utilisées pour l'expérimentation. Elles avaient 42 semaines d'âge avec un poids moyen de 2400 g. Ces pintades ont débuté la ponte à 17 semaines d'âge. Leurs œufs ont été utilisés pour les différentes analyses.

1.3.3. Bâtiment d'élevage

Le bâtiment d'élevage qui appartient à la ferme de production de l'INP-HB a une superficie de 216 m² (Figure 8). Ce bâtiment comporte quatre blocs d'élevage et un magasin. Deux blocs d'élevage ont été utilisés pour l'expérimentation. Chaque bloc d'élevage fait 50 m² avec 10 m de longueur, 5 m de largeur et 3,5 m de hauteur. Chaque bloc comprend 10 cages. Une cage fait 8 m³ avec 2 m de longueur, 2 m de largeur et 2 m de hauteur. Les cages ont été fait en bois munies de couverts grillagés de 1,5 cm de maille (Figure 9). Au moment de l'expérimentation la température moyenne était de 24,3°C et l'humidité moyenne de 80 %. Dans chaque cage, il y avait une mangeoire, un abreuvoir d'un volume de 3 litres et un perchoir. Le bâtiment contenait deux thermomètres pour mesurer la température et deux hygromètres pour évaluer l'humidité.

1.3.4. Matériel technique

Il était composé de petits appareils de laboratoire et de grands appareils de mesure. Une balance électronique RADWAG modèle PS 2100. R2 (précision 0,01g ; poids maximum 2100 g) a été utilisée pour peser l'aliment pour nourrir les pintades. Une deuxième balance, Tree, model : HRB-E103 (précision 0,001 g ; poids maximum 100 g) a été utilisée pour peser les œufs et les échantillons pour les analyses. Pour peser les pintades, une balance Téraillon[®] avec une précision de 1 g a été utilisée avec un seau et du grillage utilisés comme cage de contention. L'épaisseur de la coquille avec la membrane a été mesurée à l'aide d'un micromètre (Tennessee Speed Sport, USA) de précision 0,01 mm. La hauteur du blanc, la longueur de l'œuf, le diamètre de l'œuf et du jaune ont été déterminés à l'aide d'un pied à coulisse. La coloration du jaune de l'œuf a été déterminée à l'aide d'un éventail de roche (échelle de 1 à 15) (DSM, Basei, Suisse) (Figure 10). La hauteur du blanc a été mesurée à l'aide d'une jauge de hauteur. Un Spectrophotomètre (JASCO, V-530, Japon) (Figure 11) a permis de déterminer les densités optiques qui ont servi à l'obtention des teneurs en cholestérol et en protéine des œufs. Un Fibertek (Fibertec System M 1020 Hot extractor, France) (Figure 12) a servi à déterminer des fibres brutes dans les régimes



Figure 7 : Pintades de race Galor



Figure 8 : Bâtiment d'élevage



Figure 9 : Cages d'élevage

(Source : clichés, Kouassi Firmin)



Figure 10 : Eventail de Roche

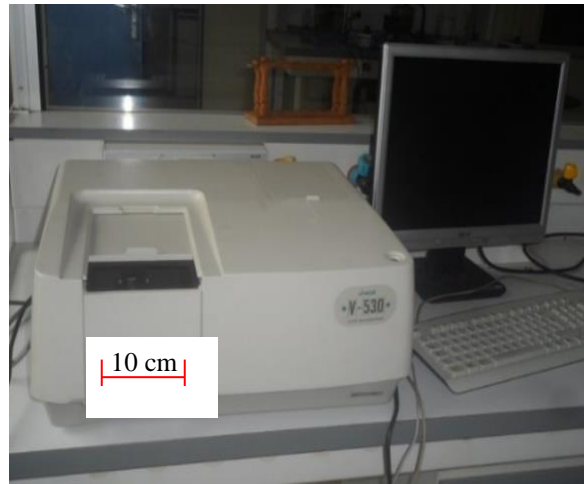


Figure 11 : Spectrophotomètre



Figure 12 : Fibertek

(Source : clichés, Kouassi Firmin)

Une spectroscopie d'absorption atomique (SAA) (Spectr AA. 20, Varian, USA) a permis de déterminer les quantités de calcium et de phosphore. Une étuve et un four à moufle ont servi à obtenir la matière sèche et la matière minérale des différents échantillons.

Pour le profil en acides gras des œufs, il a été utilisé un chromatographe Agilent Technologies 6890 N Gaz (Bios Analytic, Toulouse, France) équipé d'un injecteur modèle 7683. Une colonne capillaire en silice fondue a été utilisée (BPX 70, 60 m x 0,25 mm ; SGE, Villeneuve-St Georges, France) avec un standard interne (C21 :0, Sigma-Aldrich, Saint-Quentin-Fallavier, France).

CHAPITRE 2 : MÉTHODES

2.1.Méthodes d'enquête

L'étude a consisté en une enquête transversale sur 97 éleveurs de pintades et 19 revendeurs d'œufs de pintades. L'enquête s'est déroulée en juillet 2017. Toutes les questions nécessaires à la compréhension de la production d'œufs de pintades et à sa commercialisation ont été posées au cours d'entretiens en face-à-face avec les principaux acteurs. Les questions d'identification des enquêtés ont pour objectif de caractériser ces acteurs pour mieux appréhender les difficultés auxquelles ils pourraient être confrontés. Les questions sur les paramètres économiques permettent d'avoir le rang social de ces acteurs afin de savoir s'ils tirent profit de leur activité. Concernant les paramètres de reproduction des pintades l'objectif est de mieux connaître l'espèce animale afin de maîtriser son élevage. Les éleveurs qui ont été pris en compte dans cette étude étaient toutes les personnes possédant au moins un couple de pintades (mâle et femelle). Tous les revendeurs d'œufs de pintades rencontrés ont été pris en compte. L'échantillonnage a été effectué selon une méthode de type boule de neige (méthode d'échantillonnage par référence en chaîne). C'est une méthode non probabiliste où les producteurs de pintades ou les revendeurs d'œufs de pintades ont été sélectionnés non pas à partir d'un cadre d'échantillonnage mais d'un réseau d'amis (Salganik et Heckathorn, 2004). Les premiers acteurs interrogés donnent des informations sur d'autres producteurs ou revendeurs qui, à leur tour, fourniront également des informations sur d'autres qu'ils connaissent (Johnston et Sabin, 2010). L'enquête s'est poursuivie jusqu'à ce que le producteur ou le revendeur interviewé ne puisse identifier d'autres producteurs ou revendeurs à interviewer dans la zone donnée (Johnston et Sabin, 2010). En utilisant cette méthode non probabiliste, tous les producteurs de pintades et revendeurs d'œufs de pintades rencontrés ont été interviewés. Un test pilote de validation du questionnaire pour les éleveurs de pintades a été réalisé avec ceux situés au centre du pays précisément dans le district autonome de Yamoussoukro et dans la commune de Bouaflé.

2.2.Méthodes d'expérimentation

2.2.1.Méthodes d'obtention des régimes

L'aliment témoin a été acheté dans le commerce auprès des revendeurs d'aliments industriels pour volailles. Le sac de 50 Kg coûtait 13 500 F CFA. Les graines d'*E. heterophylla* ont été récoltées dans l'espace de l'INP-HB et séchées dans une salle à température ambiante (25°C) pendant quatre semaines. Après quatre semaines, les graines sorties des capsules ont été broyées à l'aide d'un broyeur à bille pour obtenir de la farine. Pour obtenir le tourteau des

graines d'hévéa, les graines ont été achetées bord champs avec les paysans à 1500 F CFA le sac de 50 kg. Les graines ont été séchées pendant deux semaines à l'étuve à 30°C. Les amandes obtenues par concassage ont été séchées pendant 72 heures à l'étuve à la même température avant d'être broyées à l'aide d'un broyeur à végétaux. Le broyat poudré obtenu a été séché pendant 24 heures à 30°C. Pour extraire l'huile du broyat, il a été d'abord mélangé de manière homogène à l'eau courante à raison de deux litres d'eau pour 10 kg. L'homogénat obtenu a été mis à l'étuve pendant deux heures à 30°C. Il a été par la suite ensaché et déposé sous une presse à vis pour l'extraction de l'huile. Après avoir extrait trois litres d'huile pendant quatre jours, on obtient un bloc compact de tourteau. Ce bloc est manuellement concassé et les mottes obtenues sont séchées pendant 72 heures à 30°C. Après séchage, ces mottes ont été torréfiées pendant une demi-heure pour réduire sa teneur en acide cyanhydrique avant usage. Le processus d'obtention du tourteau est illustré par la figure 13.

2.2.2. Méthode d'expérimentation animale

Les pintades qui ont servi pour l'expérimentation ont été acquises à la ferme de production d'un particulier à Toumodi à un jour d'âge. Elles ont été élevées à la ferme de production de l'INP-HB depuis un jour d'âge jusqu'à la fin de l'expérimentation. Une prophylaxie médicale leur a été administrée pendant les six premières semaines d'âge (Annexe 3). Ces pintades ont été toutes nourries avec l'aliment commercial jusqu'à la date de l'expérimentation. Deux jours avant le début de l'expérimentation, un vide sanitaire de tout le bâtiment et de tout le matériel d'élevage a été effectué. Ce vide sanitaire a consisté à nettoyer tout le bâtiment et l'équipement d'élevage et à les désinfecter à l'aide d'un désinfectant (virunet). Il s'en est suivi la répartition des 144 pintades femelles choisies en fonction de leur poids en trois lots de 48 pintades. Chaque lot correspondait à un régime alimentaire et comportait six cages raison de huit pintades par cage. Pendant toute la durée de l'étude (45 jours), les pintades ont été nourries et abreuvées *ad libitum*. Deux services étaient effectués, un service le matin à 8 heures et l'autre service le soir à 17 heures. Les mangeoires et les abreuvoirs ont été nettoyés chaque jour. Une phase d'adaptation a été menée pendant une semaine avant la phase expérimentale qui a duré 45 jours. Cette phase a consisté en une supplémentation progressive de 1 % jusqu'à 4 % de l'aliment commercial, soit avec de la farine des graines d'*E. heterophylla*, soit avec du tourteau des graines d'hévéa. Après cette période d'adaptation, la phase expérimentale a commencé avec une supplémentation de 5 % de l'aliment commercial avec les suppléments jusqu'à la fin de l'expérimentation.

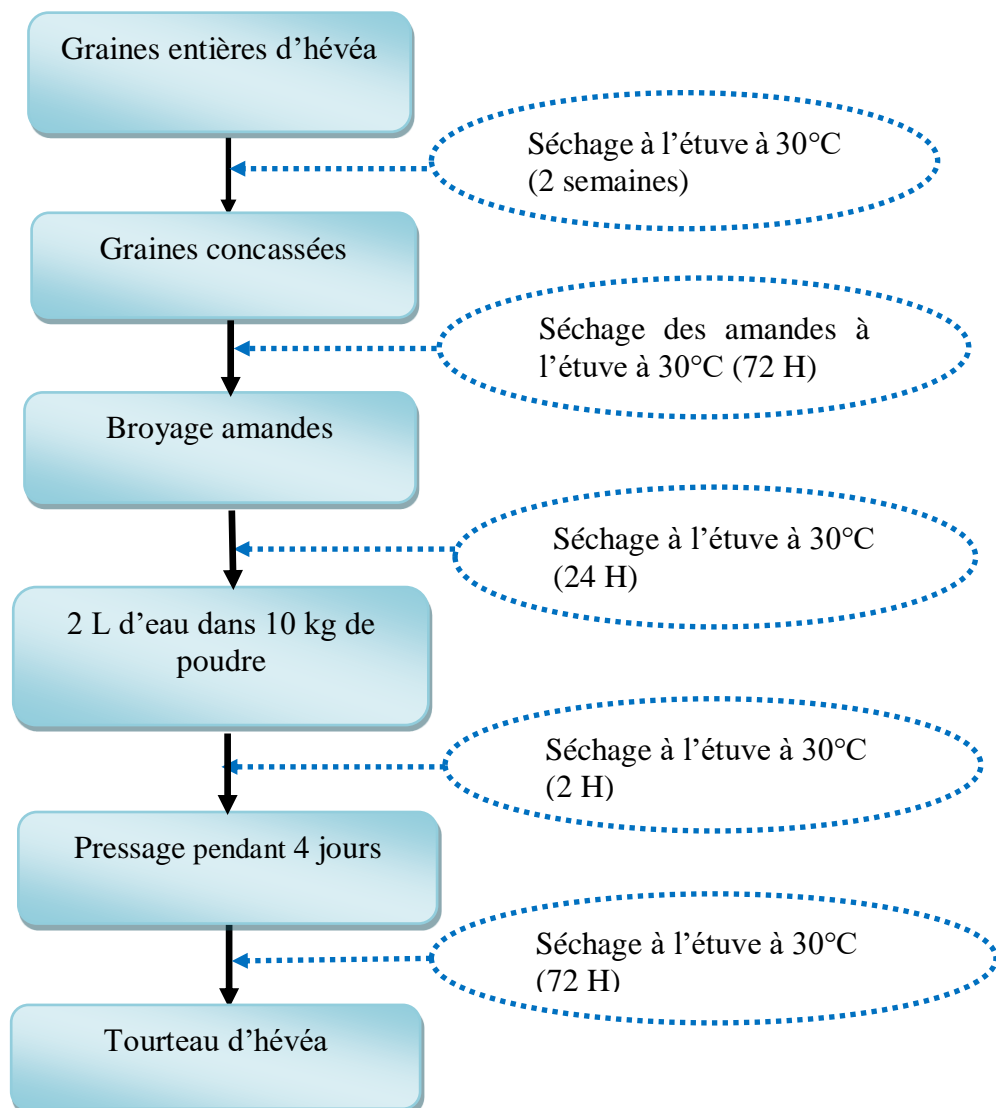


Figure 13 : Processus d'obtention du tourteau des graines d'hévéa

Cette phase expérimentale qui a duré 45 jours a été répartie en trois périodes de 15, 30 et 45 jours d'alimentation. Les pintades ont été pesées individuellement au début de l'expérience et à la fin de chaque période. Pendant toute la période d'élevage chaque matin avant un nouveau service, le reste de la ration dans les mangeoires par cage était quantifié afin de déterminer la quantité d'aliments ingérée par les pintades.

2.2.3. Méthodes d'analyse de la composition chimique des régimes

Les analyses bromatologiques ont porté sur la détermination de la teneur en matière sèche (MS), en matière minérale (MM) des différents échantillons. Les teneurs en lipide brut, protéine brute, sucres totaux, l'amidon, hydrates de carbone, fibre brute, polyphénol, flavonoïdes, acide cyanhydrique, calcium, phosphore et le profil en acide gras ont été également déterminés.

2.2.3.1. Matière sèche

Pour avoir la matière sèche des échantillons, des creusets et une étuve ont été utilisés. Les échantillons dans cette étude sont constitués des régimes alimentaires d'une part et de l'œuf (l'albumen, le vitellus et la coquille) d'autre part. Les creusets en porcelaine vides ont été d'abord pesés (P_0). Ensuite, un échantillon frais (P_1) de 2 g de chaque régime ou d'un constituant majeur de l'œuf a été pesé dans le creuset à partir d'une balance électronique après avoir taré le poids du creuset. Trois répétitions pour un même échantillon donné ont été effectuées pour minimiser les erreurs de manipulation. Ces échantillons contenus dans les creusets ont été ensuite placés à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Après les 24 heures, ils sont enlevés de l'étuve et immédiatement déposés au dessiccateur pendant 30 minutes pour dissiper la chaleur. Après la demi-heure, les creusets contenant les échantillons secs ont été pesés (P_2). Le taux de matière sèche (TMS) a été déterminé par le rapport entre le poids de l'échantillon sec et celui de l'échantillon frais donné par la formule décrite par AOAC (2011) :

$$\text{TMS}(\%) = \frac{(P_2 - P_0)(g)}{(P_1 - P_0)(g)} \times 100$$

La moyenne obtenue à partir des trois répétitions pour un échantillon donné est le taux de la matière sèche de cet échantillon.

2.2.3.2. Matière minérale

Les échantillons secs qui ont servi à la détermination de la matière sèche ont été utilisés pour la détermination de la matière minérale. Les creusets contenant ces échantillons secs (P_2) sont placés au four à moufle à 550°C pendant huit heures. On utilise encore les trois répétitions pour l'échantillon. Les creusets sont ensuite retirés et mis au dessiccateur. Après

refroidissement, les creusets sont pesés (P₃). Le taux de cendre ou taux de matière minérale (TMM) pour chaque échantillon s'obtient par la formule de AOAC (2011) en faisant la moyenne des trois répétitions.

$$\text{TMM}(\%) = \frac{(P_3 - P_0)(g)}{(P_1 - P_0)(g)} \times 100$$

2.2.3.3.Lipide brut

Pour déterminer les lipides totaux dans les régimes, la méthode de Folch, méthode d'extraction à froid a été utilisée (Folch *et al.*, 1957). L'extraction se fait sur un échantillon de farine du régime donné, obtenue à l'aide d'un broyeur à bille. Une masse de 3 g de cette poudre (P₀) a été mise dans un erlenmeyer de 100 ml. On y ajoute 30 ml de solvant d'extraction (Dichlorométhane/Méthanol, 2 :1, v/v). On fait trois répétitions pour chaque échantillon (régime). On dépose dans chaque l'erlenmeyer un baro-aimanté et l'ensemble est placé pendant 10 heures sur un agitateur magnétique (P SELECTRA, AGIMATIC-S) à une vitesse de 500 RPM. Le mélange obtenu pour une répétition a été filtré sur du papier filtre dans un bécher de 50 ml préalablement numéroté et pesé (P₁). Le bécher contenant le filtrat est ensuite placé à l'étuve (MEMMERT) à 70°C pendant 24 h. Le lendemain, les béchers ont été retirés de l'étuve et refroidis au dessiccateur pendant 30 min. Les béchers refroidis ont été pesés (P₂). La teneur de lipide brut contenu dans une répétition de l'échantillon se définit par la formule suivante :

$$\text{Teneur en lipide } (\%) = \frac{(P_2 - P_1)(g)}{P_0 (g)} \times 100$$

P₀ : masse en g de l'échantillon ; P₁ : masse en g du bécher ; P₂ : masse en g de bécher et des lipides

La moyenne des trois répétitions donne la teneur en lipide de l'échantillon donné.

2.2.3.4.Profil en acides gras des œufs

Les profils en acides gras des régimes expérimentaux et du jaune des œufs lyophilisés ont été déterminés au laboratoire de chromatographie de la station INRA "PÉGASE" en France. La composition en acides gras (g/100 g des acides gras totaux) a été mesurée après méthylation des échantillons selon la méthode de Morrison et Smith (1964). Les esters méthyliques d'acides gras ont été préparés avec du méthanol et de brome trifluorure et analysés sur un chromatographe Agilent Technologies 6890 N Gaz (Bios Analytic, Toulouse, France), équipé avec un injecteur modèle 7683. Une colonne capillaire en silice fondue a été utilisée (BPX 70, 60 m x 0,25 mm ; SGE, Villeneuve-St Georges, France) avec une phase polaire stationnaire de 70 % cyanopropyl polysilphenylène-siloxane (0,25 µm film d'épaisseur). La température du

détecteur à ionisation de flamme était maintenue à 260 °C et celle de l'injecteur à 250 °C avec un rapport de split de 1 :10. Le gaz vecteur était l'hélium avec un débit constant de 1,5 ml/min. La température initiale du four était de 150 °C, puis augmentée de 1,3 °C/min jusqu'à 220 °C, augmentée de 40 °C/min jusqu'à 260 °C, maintenue à 260 °C pendant 5 min (Legrand *et al.*, 2010). L'identification des esters méthyliques d'acide gras a été basée sur les temps de rétention obtenus pour des méthyl-ester préparés à partir de standards commerciaux (Sigma, St. Louis, USA).

2.2.3.5. Protéine brute

La méthode utilisée est celle de Kjeldahl. L'échantillon est chauffé avec de l'acide sulfurique concentré qui, à l'ébullition, détruit les matières organiques. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de dioxyde de carbone (CO₂) et d'eau (H₂O). L'azote transformé en ammoniac est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammoniaque. Cette transformation nécessite l'emploi de catalyseurs, dont les plus employés sont le sulfate de cuivre et le sélénium. La température d'ébullition de l'acide sulfurique augmente avec l'ajout du sulfate de potassium. L'ammoniac formé est déplacé de ces combinaisons par la soude caustique, distillé et recueilli dans une solution d'acide sulfurique (1N), puis dosé par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (1N). La valeur de l'azote obtenue est multipliée par 6,25 pour déterminer le taux de protéine ou matière azotée totale (MAT), selon AOAC (2011).

$$N (\%) = \frac{[(VH_2SO_4) \times 0,1 \text{ Normalité} \times 14,01]}{(1000 \times Pe \times MSa)}$$

$$MAT(\%) = \% N \times 6,25$$

VH₂SO₄= Volume d'acide sulfurique versé jusqu'au virage en ml ; MSa = Matière sèche analytique qui est une valeur inférieure à 1 ; MAT= Matière Azotée Totale ; 6,25 = Coefficient ou facteur général transformant l'azote en MAT pour les aliments, Pe= poids de l'échantillon en mg.

2.2.3.6. Fibres brutes

Le taux de fibres a été déterminé par la méthode décrite par AOAC (2011). 5 g d'échantillon frais (P0) ont été pesés puis mis dans les matras du Fiberteck. Un réactif de 100 ml d'acide sulfurique à 1,25% est ajouté à l'échantillon. Il s'en suit un traitement à chaud de l'échantillon contenant la solution détergente d'acide sulfurique 1,25 % pendant 30 min. Ensuite, il est procédé au lavage et à un filtrage de l'ensemble dans les creusets de porosité 1mm sous pression à vide du résidu. Le résidu obtenu a été par la suite traité par 100 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium à 1,25 %. Après filtrage, lavage et séchage chimique à

l'acétone, l'échantillon dans le creuset subit un séchage thermique à 105°C à l'étuve durant 24 h. Les creusets retirés de l'étuve sont refroidis pendant 30 min au dessiccateur puis pesés pour avoir le poids sec du résidu (P1). Les résidus secs sont par la suite renversés dans des creusets en porcelaine préalablement pesés puis l'ensemble est porté au four à moufle à 550°C pendant 4 h. Après refroidissement dans un dessiccateur, la matière minérale obtenue (P2) est pesée. Le taux de fibres est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Taux de fibres (\%)} = \frac{(P1 - P2)(g)}{(P0)(g)} \times 100$$

P0 : Poids de l'échantillon avant l'opération ; P1= poids du résidu séché à 105°C ; P2 : Poids du résidu calciné à 550°C

2.2.3.7.Amidon

L'amidon est dosé dans de nombreuses substances à des fins très diverses. L'amidon est un glucide qui fait partie de la classe des polysaccharides de la grande catégorie des α -glucanes. Les aliments amylics constituent la principale source d'énergie pour le monogastrique et représentent environ les deux tiers des aliments concentrés, consommés par les ruminants. Ceci explique l'intérêt du dosage de l'amidon dans les études d'ordre nutritionnel (Thivend *et al.*, 1965). La méthode générale de dosage de l'amidon par voie enzymatique a été utilisée. (Thivend *et al.*, 1965). L'échantillon à analyser subit un traitement hydrothermique qui détruit la structure des grains d'amidon. Il est ensuite mis en présence de gluco-amylase qui transforme quantitativement l'amidon en glucose. Celui-ci est dosé par une méthode colorimétrique, utilisant un enzyme spécifique, la glucose-oxydase.

2.2.3.8.Polyphénols totaux

Les polyphénols constituent un groupe important de composés phytochimiques des plantes (Marinova *et al.*, 2005). Ces composés phénoliques sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, constitués d'au moins un cycle aromatique et un groupement hydroxyl (Bahorun, 1997 ; Erdman *et al.*, 2007). Ce sont des éléments importants de qualités sensorielles (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux tels que les légumes, les fruits et les céréales (Martin et Andriantsitohaina, 2002). La méthode utilisée pour le dosage des polyphénols totaux est décrite par Wood *et al.* (2002). Un volume de 2,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au dixième a été ajouté à 30 μ l d'extrait. Le mélange a été maintenu pendant 2 minutes dans l'obscurité à température ambiante, puis 2 ml de solution de carbonate de sodium (75 g/l) ont été ajoutés. Ensuite, le mélange a été placé pendant 15 minutes au bain-marie à 50°C, puis refroidi rapidement. L'absorbance a été mesurée à 760 nm au

spectrophotomètre, avec de l'eau distillée comme blanc. Une droite d'étalonnage a été réalisée avec l'acide gallique à différentes concentrations. Les analyses ont été effectuées en trois répétitions et la teneur totale en phénols a été exprimée en gramme équivalent acide gallique par litre (g GAE/l) d'extraits. Par exemple, faire macérer 1g d'un produit donné (frais ou séché) dans 20 ml de solvant et prélever pendant la macération 1,5 mg du produit et mis dans 4,53 ml de Folin-Ciocalteux et de solution de carbonate de sodium. Les résultats obtenus par le spectrophotomètre peuvent être convertis en équivalent gramme d'acide gallique par gramme d'échantillon (g GAE/g) en multipliant par le facteur de dilution de 3,02 (4,53 ml/1,5mg), où 4,53 ml est le volume final du milieu utilisé pour l'analyse et 1,5 mg est le poids de l'échantillon dans le milieu. Les analyses ont été réalisées en triple et la concentration en polyphénols a été exprimée en gramme par litre d'extrait équivalent acide gallique (g/l, Eq AG). La teneur en polyphénols totaux a été évaluée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Polyphénol (mgEAG/g)} = \text{C. ext} \times \text{fd}$$

EAG= équivalent acide gallique ; C.ext= concentration de l'extrait en mg/ml obtenue au spectrophotomètre à 760 nm ; fd= facteur de dilution= 3,02=(4,53ml/1,5mg)

2.2.3.9.Flavonoïdes totaux

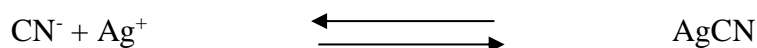
Les flavonoïdes constituent une des classes de polyphénols. Ils comprennent les anthocyanidines, les flavonols, les flavones, etc. Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé selon la méthode décrite par Marinova *et al.* (2005). Dans une fiole de 25 ml, on a ajouté à 2,5 ml d'extrait, 0,75 ml de nitrite de sodium (NaNO₂) à 5 % (m/v). Au mélange, on ajoute 0,75 ml de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 10 % (m/v). L'ensemble a été incubé pendant 6 minutes à l'obscurité. Après les 6 min, 5 ml de soude (NaOH, 1 N) y ont été ajoutés et le volume a été complété à 25 ml avec de l'eau distillée. La préparation a été vigoureusement agitée avant le dosage des flavonoïdes totaux à 510 nm au spectrophotomètre (UV-visible). La teneur totale en flavonoïdes a été exprimée en gramme équivalent quercétine par litre d'extrait (g QE/l). Les essais ont été réalisés en trois répétitions sur les échantillons frais. Les résultats peuvent être convertis en équivalent quercétine gramme par gramme d'échantillon (g QE/g) en multipliant par un facteur de 0,2 (25 ml/125 mg), où 25 ml est le volume final utilisé pour l'analyse et 125 mg est le poids de l'échantillon dans le milieu final. La teneur en flavonoïdes totaux a été évaluée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Flavonoïdes (mgEQ/g)} = \text{C. ext} \times \text{fd}$$

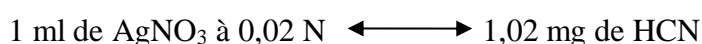
EQ= équivalent quercétine ; C.ext= concentration de l'extrait en mg/mL obtenue au spectrophotomètre à 510 nm ; facteur de dilution = 0,2 = (25 ml/125 mg)

2.2.3.10. Acide cyanhydrique

L'acide cyanhydrique (HCN) est une substance toxique, parfois létale, contenu dans certaines plantes (Aboua *et al.*, 1989 ; Nartey, 1993). La molécule d'HCN dispose d'un faible poids moléculaire (27 Da) et d'une neutralité électrique. Par ses caractéristiques, l'HCN est capable de traverser les barrières de l'organisme et d'avoir une distribution proche de celle de l'eau libre (Puskarczyk, 2006). L'intoxication au cyanure produit inévitablement une acidose métabolique qui résulte d'une concentration élevée de lactate sérique produit par le métabolisme anaérobie (Chaouali, 2013). Chez l'animal, la libération d'HCN se réalise après hydrolyse intestinale par la microflore du tube digestif sécrétant l'hydroxynitrile lyase (ANSES, 2010). Selon la norme internationale ISO 2164-1975, un échantillon est considéré exempt d'acide cyanhydrique s'il renferme un taux inférieur à 10 mg par kg (Chaouali, 2013). Un aliment peut être toxique si sa teneur en HCN est supérieure à la norme de FAO/OMS qui est de 10 mg/kg (FAO/OMS, 2013). Mais, une plante est déclarée toxique lorsqu'elle peut libérer au moins 200 mg d'HCN par kg. La teneur en acide cyanhydrique a été déterminée par la méthode argentimétrique (méthode de titrage au nitrate d'argent) décrite par Deniges (1893). Cette méthode consiste en l'hydrolyse enzymatique des glucosides cyanogénétiques qui libère l'acide cyanhydrique. Celui-ci est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans une solution alcaline et titré par argentimétrie. La réaction principale pendant la titration est la suivante :



Le protocole expérimental est décrit comme suite : On prélève 20 g de l'échantillon auquel on ajoute 200 ml d'eau bidistillée dans un ballon à fond rond et on laisse à macération pendant 3 heures. L'ensemble est ensuite porté à distillation sous réfrigérant. Le distillat est recueilli dans un erlenmeyer de 250 ml contenant 20 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1 N. Lorsque le contenu de l'erlenmeyer atteint 100 ml, la distillation est arrêtée. On ajoute au distillat, 8 ml d'iodure de potassium (KI) à 5 % (p/v). Une solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 N contenue dans une burette de 25 ml est ajoutée goutte à goutte dans le mélange avec une agitation constante jusqu'à l'apparition d'une couleur opalescente (trouble blanchâtre ou jaunâtre) due à la formation de l'iodure d'argent (AgI). La teneur en acide cyanhydrique est déterminée par Deniges (1893) selon la relation suivante :



2.2.3.11. Minéraux

La détermination des minéraux contenus dans un échantillon commence par la minéralisation et la préparation des solutions de l'échantillon. Une quantité de 0,4 g d'échantillon broyé est pesée dans un creuset en porcelaine puis mise au four à 650 °C pendant 5 h. Après refroidissement, 5 ml d'acide nitrique (1 mol) sont ajoutés à la cendre obtenue puis portés à évaporation totale sur un bain de sable. Au résidu, sont ajoutés 5 ml d'acide chlorhydrique (0,1 mol). Il est ensuite remis au four à 400 °C pendant 30 min. Le résidu final est récupéré avec 10 ml d'acide chlorhydrique (1 mol) puis versé dans une fiole de 50 ml. Le creuset est rincé deux fois avec 10 ml d'acide chlorhydrique. La fiole est complétée à 50 ml avec l'acide chlorhydrique. Dans les mêmes conditions, un essai à blanc est réalisé (AOAC, 2011). Après cette étape, il faut faire la préparation des grammes d'étalonnage qui diffère d'un minéral à l'autre. Pour le Calcium, des volumes de 0 ; 2,5 ; 5 ; 7,5 et 10 ml de solution à 100 µg/ml de calcium sont introduits successivement dans cinq fioles jaugées différentes de 100 ml chacune. Ensuite des volumes de 2 ml d'acide chlorhydrique concentré et 10 ml de solution de lanthane à 3 % sont ajoutés dans chacune des fioles. Enfin, ces volumes sont ramenés à 100 ml avec de l'eau distillée. A la suite de la préparation des grammes d'étalonnage, il est procédé à une déminéralisation. Pour le Phosphore (P), introduire successivement dans des fioles de 100 ml, 0 ; 2 ; 4 ; 5 ; 10 ; 15 et 20 ml de la solution fille étalon P à 25 ppm. Ensuite, à l'aide d'un électrophotocolorimètre, on établit la courbe sur base de la densité optique et de la concentration. Enfin, on calcule la teneur (%) en P en fonction de la prise d'essai.

Le dosage des minéraux se fait par spectrophotométrie d'absorption atomique (AAS). Le spectrophotomètre utilisé dans cette étude est le spectrophotomètre d'adsorption atomique à flamme air-acétylène de marque VARIAN de type AA. 20. Le principe est basé sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental. Les photons absorbés sont caractéristiques des éléments absorbants et leur quantité est proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant. L'absorption permet donc de mesurer les concentrations des éléments dosés. Dans le cas de l'absorption, on envoie sur les atomes à doser un faisceau monochromatique d'intensité connue, de longueur d'onde caractéristique à l'élément à doser. La mesure de l'intensité transmise permet de déduire le nombre d'atomes absorbants présents dans la flamme. Cette détermination est basée sur la loi de Beer-Lambert.

$$ABS = \text{Log} \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot l \cdot c \quad \text{Avec} \quad \epsilon = \text{constante qui dépend de l'atome absorbant ; } l = \text{longueur}$$

de la flamme ; c = concentration de la solution en élément absorbant ; ABS ou $\text{Log} \frac{I_0}{I}$ = l'absorbance ou densité optique.

2.2.3.12. Energie métabolisable

L'énergie fournie pendant les processus métaboliques liés aux métabolismes de digestion et d'absorption par l'intermédiaire de l'alimentation. Elle peut être mesurée comme une production de la chaleur sous le nom de thermogenèse diététique-induit ou de l'effet thermique de l'aliment (FAO, 2003). Elle varie selon le type d'aliment et selon la teneur en nutriments de l'aliment. L'Energie Métabolisable (EM) a été calculée par la formule de Sibbald citée par Kenfack *et al.* (2006). $EM(Kcal/kg) = 3951 + (54,4 \times MG) - (88,7 \times CB) - (40,8 \times MM)$ où CB = cellulose brutes et MM = Matière minérale.

$$EM(Kcal/kg) = 238,85 \times EM(MJ/kg)$$

2.2.4. Méthode d'analyse des paramètres de performance de production des pintades

Les paramètres de performance sont liés à la production et à la reproduction des oiseaux. Dans cette étude, ces paramètres concernent le poids des pintades, leur indice de consommation et leur taux de ponte.

2.2.4.1. Indice de consommation

L'indice de consommation (IC) est un paramètre important qui détermine l'efficacité de l'aliment. Il est défini en fonction de l'état physiologique de l'individu et donc selon ses besoins. Dans le cas d'une volaille en phase de ponte qui a déterminé la croissance, l'indice de consommation alimentaire tiendra compte de sa consommation alimentaire et de la masse des œufs pondus. L'IC devient donc la quantité d'aliment consommé par la pondeuse pour produire 1 g d'œuf. La quantité d'aliment ingérée est la différence entre la quantité d'aliment distribuée et la quantité refusée obtenue en évaluant le reste d'aliment dans la mangeoire avant un nouveau service. L'IC est déterminé par cage pour les huit pintades et donc pour les pintades d'un régime donné, on fait la moyenne des six cages du régime. L'IC est défini selon la formule décrite par Al-Shokiry *et al.* (2011) :

$$IC = \frac{Q_{ai} (g)}{P_o (g)}$$

Q_{ai}= quantité d'aliment ingéré par jour ; P_o= poids des œufs produits

2.2.4.2. Taux de ponte

Le taux de ponte (Tp) définit la quantité d'œufs produits par un oiseau pendant un temps donné. Pour un régime donné, la moyenne du taux de ponte pour les six cages est égale au taux de ponte des pintades issues du régime. Pour une période d'expérimentation donnée, le taux de ponte est égal à la somme d'œufs produits durant la période par le nombre de pintades de la même période. Le taux de ponte se calcule selon la formule décrite par Larid (2012) :

$$Tp(\%) = \frac{\text{nombre d'oeufs pondus}}{\text{nombre de pondeuses}} \times 100$$

2.2.5. Analyse des paramètres biochimiques

2.2.5.1. Méthode d'obtention du sérum

Les pintades ont été mises à jeun pendant 10 heures. Le jour du prélèvement du sang, les pintades ont été pesées puis transportées au laboratoire. IL a été observé 30 min de pause aux pintades pour faire passer le stress dû au déplacement. Le sang a été prélevé au niveau de la veine alaire et mis dans les tubes à essai secs. Trois tubes de sang ont été prélevés pour une pintade donnée. Après la coagulation du sang, les tubes bien fermés ont été mis à la centrifugeuse à 4000 tours/min pendant 15 min. Le sérum obtenu a été séparé du caillot puis transvasé dans un autre tube à l'aide d'une pipette de transfert. Les analyses des paramètres biochimiques du sérum ont été effectuées le même jour.

2.2.5.2. Technique d'analyse des paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques analysés dans cette étude sont l'aspartate aminotransférase (AST) appelé aussi transaminase glutamique oxaloacétique sérique (GOT) et l'alanine aminotransférase (ALT) ou transaminase pyruvique glutamique sérique (GPT). Les techniques de détection de ces enzymes comprennent la colorimétrie, la spectrophotométrie, la chimioluminescence, la chromatographie, la fluorescence et l'absorbance UV, les techniques radiochimiques et électrochimiques. Le principe de l'analyse colorimétrique utilisée dans cette étude est basé sur l'interaction entre une enzyme et le substrat pour former un complexe coloré absorbant la lumière en ajoutant d'autres réactifs après l'arrêt de la réaction enzymatique.

Le GOT et le GPT sont déterminés dans le sérum selon la méthode décrite par le kit de GOT(AST) ou GPT (ALT) (Cypress Diagnostics SRL, Italie). Le processus d'utilisation du kit qui est le même pour les deux enzymes commence par la préparation de la solution de travail en dissolvant une tablette du réactif 2 (R.2) dans 15 ml du tampon R.1. Pour une dissolution complète, il faut couvrir d'un capuchon et mélanger doucement le contenu. Pour la préparation d'échantillon d'analyse, on prélève 1 ml de la solution de travail et on ajoute à 100 µl de sérum. Après le mélange du contenu, on attend 1 min avant la lecture au spectrophotomètre. On lit l'absorbance à 340 nm après avoir fait le zéro avec l'air ou l'eau distillée. On lit en fonction d'un tube vide (air). Après, la première lecture qui donne l'absorbance initiale, on met en marche le chronomètre. A Chaque min, on lit l'absorbance et cela sur 3 min. la température de la salle doit être à 25, 30 ou 37 °C. Pour la détermination de la teneur en AST, on fait la

différence entre les absorbances ($a_1 - a_2 = m_1$; $a_2 - a_3 = m_2$; $a_3 - a_4 = m_3$) et la différence d'absorbances moyenne par minute ($(m_1 + m_2 + m_3) / 3$) multipliée par le coefficient d'extinction (1750). Une unité internationale (UI) est la quantité d'enzyme qui transforme 1 μmol de substrat par minute, dans les conditions standards. La concentration est exprimée par litre d'échantillon (U/l). La quantité d'AST ou d'ALT contenue dans le sérum se détermine comme suite :

$$\text{AST ou ALT (U/l)} = (\Delta\text{Abs./min}) \times 1750$$

U= unité ; l= litre ; ΔAbs = Variation de l'absorbance

2.2.6. Méthodes d'analyse des paramètres de qualité des œufs

2.2.6.1. Qualité physique des œufs

La qualité physique des œufs concerne les constituants fondamentaux visibles des œufs comme le poids entier, la proportion de la coquille, l'épaisseur de la coquille, l'index de la forme, la surface de l'œuf, la proportion du jaune, la proportion du blanc, la hauteur du blanc, le diamètre du jaune, le diamètre du blanc, la coloration du jaune et l'Unité Haugh. Pour évaluer les valeurs moyennes de ces paramètres, par régime, nous avons utilisé deux œufs par cage soit douze œufs par régime. Les œufs utilisés pour déterminer les valeurs de tous ces paramètres sont ceux des jours 15 ; 30 et 45.

2.2.6.1.1. Poids moyen des œufs

Les œufs ont été ramassés chaque matin à 8 heures et les soirs à 17 heures par cage et par régime et mis dans les alvéoles. Les douze œufs des jours 15 ; 30 et 45 ont été chaque fois transportés au laboratoire pour déterminer leur poids à partir d'une balance électronique. Le poids moyen des œufs a été évalué par cage et par régime selon la formule suivante (Yéo, 2011 ; Shakeel, 2010) :

$$\text{Poids moyen d'œuf(g)} = \frac{\text{poids total des œufs pondus (g)}}{\text{nombre d'œufs}}$$

2.2.6.1.2. Proportion et épaisseur de la coquille

Le poids de la coquille avec sa membrane a été déterminé selon la méthode décrite par Shakeel (2010). Ainsi, chaque œuf a été cassé et le contenu a été transvasé dans une boîte de pétri. Les traces de l'albumen à l'intérieur de la coquille vide ont été nettoyées manuellement à l'aide de coton. La coquille débarrassée de ces traces d'albumen est ensuite pesée à l'aide d'une balance électronique. En ramenant le poids de l'œuf entier à 100 g, on détermine la proportion de la coquille (Prop C), selon la formule suivante.

$$\text{Prop C (\%)} = \frac{\text{poids coquille (g)}}{\text{Poids oeuf (g)}} \times 100$$

Quant à l'épaisseur des coquilles, elle a été déterminée à l'aide d'un micromètre (Tennessee Speed Sport, USA) avec une précision de 0,01 mm. Pour prendre la mesure, on ouvre le micromètre et on introduit la partie médiane de la coquille. En obstruant doucement l'ouverture, on serre la coquille entre les deux extrémités du micromètre jusqu'à l'équilibre et on lit la mesure de l'épaisseur de la coquille au niveau de la graduation sur le micromètre.

2.2.6.1.3. Index de la forme

L'Index de Forme (IF) mesure la forme de l'œuf. En effet, l'œuf présente trois principales formes. L'œuf est dit pointu quand son IF= 72 ; normal quand son IF est compris entre 72 et 76 et rond quand son IF est supérieur à 76 (Sarica et Erensayin, 2009). Il a été évalué par calcul à travers la formule décrite par Gendron et Blentz (1970). La moyenne de l'indice de forme des douze œufs par régime donne l'IF des œufs du régime.

$$\text{IF} = \frac{\text{GD}}{\text{L}} \times 100 \quad , \text{ avec GD} = \text{grand diamètre de l'œuf en cm et L} = \text{longueur de l'œuf en cm}$$

2.2.6.1.4. Surface de l'œuf

La surface de l'œuf (S_o) est la surface de contact de l'œuf au milieu extérieur et intérieur. C'est à partir de cette surface que l'embryon en développement échange de la chaleur, des gaz métaboliques et de la vapeur d'eau. C'est une variable de première importance pour quantifier la perméabilité de la coquille de l'œuf à ces substances (Paganelli *et al.*, 1974). Elle se définit par la formule décrite suivante (Bonnet et Mongin, 1965 ; Müller et Scott, 1940).

$$S_o \text{ (cm}^2\text{)} = 4,67 \times P_o^{\frac{2}{3}} \quad , \text{ avec } P_o = \text{poids de l'œuf en g}$$

2.2.6.1.5. Proportion du jaune (vitellus) et du blanc (albumen) des œufs

Le blanc et le jaune des œufs ont été séparés manuellement. Ensuite, le jaune a été pesé à l'aide d'une balance électronique avec un verre de montre comme support. Le poids du blanc a été obtenu par soustraction entre le poids de l'œuf entier et la somme des poids du jaune et de la coquille (Yo *et al.*, 1995 ; Cherian *et al.*, 2009). Ensuite, en ramenant le poids de l'œuf entier à 100 g, la détermination des proportions du jaune (Prop j) ou du blanc (Prop b) se fait selon la formule suivante : exemple pour le jaune d'œuf.

$$\text{Prop j (\%)} = \frac{\text{poids jaune (g)}}{\text{Poids oeuf (g)}} \times 100$$

2.2.6.1.6. Hauteur et diamètre du blanc (albumen) et diamètre du jaune (vitellus)

La hauteur du blanc est un paramètre important dans la détermination de la fraîcheur de l'œuf. Pour déterminer la hauteur et le diamètre le blanc, l'œuf est cassé dans un verre de montre ou une boîte de pétri transparent et l'ensemble est déposé sur du papier millimétré. La hauteur du blanc se mesure à l'aide d'une jauge de hauteur dans le blanc épais à une distance de 1 cm du jaune. L'Unité Haugh (UH) mesure la fraîcheur de l'œuf. C'est un paramètre qui mesure l'absorption d'eau par l'œuf, cette eau va diluer le blanc qui va s'étaler avec le temps à partir de la hauteur du blanc épais de l'œuf (Akouango, 2014). Elle a été déterminée selon la formule de Haugh (1937).

$HU = 100 \times \log(h - 1,7 \times Po^{0,37} + 7,6)$ h= hauteur de blanc épais en cm, Po= poids de l'œuf en g

Les œufs dont l'Unité Haugh est supérieure à 70 sont considérés comme des œufs d'excellente qualité. Quand l'UH se situe entre 70 et 60 les œufs sont de qualité acceptable. Par contre, lorsque l'UH est inférieure à 60, les œufs sont de mauvaise qualité. Il s'agit donc d'œufs âgés qui ont absorbé beaucoup d'eau (Bourtov *et al.*, 1990 ; Akouango, 2014).

Le diamètre du blanc se mesure par observation à partir du papier millimétré à travers la boîte de pétri. Celui du jaune se mesure au niveau de la circonférence du jaune à l'aide d'un pied à coulisse.

2.2.6.1.7. Coloration du jaune (vitellus) d'œuf

L'œuf comme beaucoup d'aliments n'échappe pas à la couleur associée à la qualité des produits consommables. Chaque pays européen, par exemple, exprime des exigences particulières vis-à-vis du jaune d'œuf. En Irlande, le jaune pâle est préféré, la France préfère une valeur intermédiaire, quand les Belges et les Allemands préféreraient une couleur beaucoup soutenue (Nyx et Margas, 1997). Les poules sont incapables de synthétiser les pigments déposés dans le jaune. La couleur du jaune d'œuf est directement liée à une accumulation de pigments comme les caroténoïdes d'origine alimentaire (Belyavin et Marangos, 1987). La coloration du jaune d'œuf a été déterminée via l'Echelle de Roche (DSM Yolk Colour Fan) qui présente un éventail de 15 branches de coloration différentes allant du jaune pâle au jaune foncé. Chaque couleur est affectée d'un numéro qui définit l'intensité du jaune. Par correspondance entre les branches de l'éventail et le jaune d'œuf, à partir d'une observation visuelle, on détermine donc l'intensité de la coloration du jaune d'œuf.

2.2.6.2. Qualité nutritionnelle des œufs

Dans cette étude, la qualité nutritionnelle comprend la matière sèche, la matière minérale, la teneur en lipide brut, la teneur en protéine brute, la teneur en cholestérol et le profil en acide gras. La méthode utilisée pour certains paramètres sur les aliments demeure la même sur les œufs. Cependant, les méthodes de détermination de lipide brut, de cholestérol total, de protéine brute du jaune comme du blanc des œufs seront évoquées. Pour ces analyses, douze (12) œufs par régime soit deux œufs par cage pour chaque régime ont été utilisés. Chaque pool était composé donc d'un mélange de deux œufs par cage. Sur chaque pool, il est effectué trois répétitions pour déterminer la valeur moyenne d'un paramètre donné par cage. Les analyses ont été effectuées dans une salle à une température de 18 °C.

2.2.6.2.1. Lipide brut du jaune (vitellus) d'œuf

La teneur en lipide brut du jaune d'œuf a été déterminée selon la méthode de Folch *et al.* (1957). Cette méthode est utilisée pour les extraits biologiques comme les produits alimentaires. La détermination de la matière grasse est basée sur l'extraction des lipides de l'échantillon par un solvant spécifique, de l'évaporation de ce solvant et de la pesée du contenant de la matière grasse. Le principe de cette méthode est basé sur la solubilité des lipides dans les solvants organiques, ce qui permet d'isoler les autres constituants non lipidiques (Gbogouri, 2005).

Le protocole se décrit comme suite. On prélève 1 g d'échantillon de jaune d'œuf frais (P0) dans un erlenmeyer de 100 ml auquel on ajoute 30 ml de solvant d'extraction (Dichlorométhane/Méthanol, 2 :1, v/v). L'ensemble est placé pendant 20 min sur un agitateur magnétique (P SELECTRA, AGIMATIC-S) à une vitesse de 500 RPM. Le mélange obtenu est transvasé dans des tubes à essais pour être centrifugé à l'aide d'une centrifugeuse (LABOFUGE HERAEUS CHRIST GMBH) pendant 5 min à 3000 tours/min. On sépare le surnageant du précipité à l'aide d'une pipette de transfert. Ce surnageant est ensuite transvasé dans un erlenmeyer de 150 ml et lavé avec 10 ml d'une solution de chlorure de sodium (0,9 %) pour éliminer les composés non lipidiques. Après ajout du chlorure de sodium (0,9 %), l'on obtient un système biphasique qui est ensuite centrifugé à 3000 tours/min pendant 3 min. Une solution à deux phases est obtenue, une phase non organique au-dessus d'une phase organique. La première phase est séparée de la deuxième à l'aide d'une pipette de transfert. La phase organique est enfin transférée dans un bécher de 50 ml préalablement numéroté et pesé à vide (P1). Le bécher contenant la phase organique est placé à l'étuve (MEMMERT) à 70°C pendant 24 h. Ce bécher retiré de l'étuve est refroidi dans un dessiccateur et pesé (P2). La teneur en lipide brut se calcule selon la formule suivante :

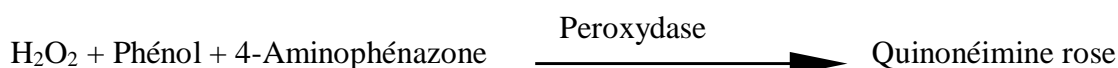
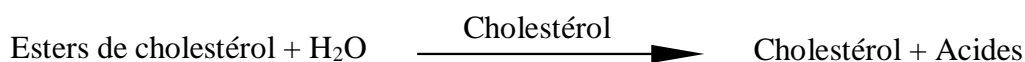
$$\text{Teneur en lipides (\%)} = \frac{(P2-P1)}{P0} \times 100$$

P0= masse de l'échantillon en g; P1= masse du bécher vide en g; P2= masse de bécher contenant les lipides en g

2.2.6.2.2. Cholestérol total du jaune (vitellus) d'œuf

➤ Principe

Le cholestérol qui est déterminé dans l'œuf a concerné le cholestérol total du jaune d'œuf. Sa détermination a été réalisée suivant la méthode décrite par Pasin *et al.* (1998). Un kit de cholestérol (Cypress Diagnostics SRL, Italie) a été utilisé. C'est un test enzymatique-colorimétrique (CHOD-POD) utilisé pour la détermination enzymatique à partir de la Cholestérol Estérase (CHE), la Cholestérol Oxydase (CHOD), la Peroxydase (POD) et la 4-Aminophénazone (4-AP). Le cholestérol est mesuré après hydrolyse enzymatique suivie d'une oxydation. L'indicateur quinonéimine est formé à partir du peroxyde d'hydrogène et du 4-aminophénazone en présence de phénol et de peroxydase. La détermination enzymatique se fait selon les réactions suivantes :



➤ Protocole

Selon la méthode de Pasin *et al.* (1998), 1 g de jaune d'œuf frais est prélevé et mis dans une éprouvette graduée. Le contenu de l'éprouvette est ajusté à 9 ml avec une solution de NaCl (2 %), puis l'ensemble a été agité pendant 1 heure à l'aide d'un agitateur magnétique. 1 ml de la solution obtenue est prélevé et dilué dans 1 ml de la solution de NaCl (2 %). A cette solution finale, 10 µl en trois répétitions sont prélevés, auxquels 1 ml de la solution de travail du kit de cholestérol est ajouté. L'ensemble est porté au vortex puis au bain marie pour une incubation à 37°C pendant 5 min. La teneur en cholestérol dans l'échantillon reflète l'intensité de la coloration. Elle a été déterminée par la lecture de la densité optique (DO) à une longueur d'onde de 505 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre (JASCO U-530). Ainsi, la concentration en cholestérol total du jaune d'œuf a été déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Chol T (mg/dl)} = \frac{\text{DO Ech}}{\text{DO Stand}} \times \text{Con. Stand} \times \text{fd}$$

DO Ech= densité optique de l'échantillon, DO Stand= densité optique du standard, Con. Stand= concentration du standard en mg/dl et fd= facteur de dilution

2.2.6.2.3. Protéine brute de l'œuf

La protéine brute de l'albumen et celle du jaune de l'œuf ont été déterminées par la méthode colorimétrique de Biuret à l'aide d'un kit enzymatique de protéines (Cypress Diagnostics SRL, Italie). Dans cette méthode, les protéines forment un complexe bleu-violacé avec les sels de cuivre en milieu alcalin (réaction du type Biuret). Cette réaction met en évidence la formation d'un complexe pourpre entre le biuret ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) et deux liens peptidiques consécutifs en présence du cuivre en milieu alcalin. Le complexe de coordination résultant, absorbe fortement dans le bleu. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des protéines totales dans l'échantillon.

Selon la méthodologie décrite par le kit, il faut prélever 1 g d'échantillon du jaune d'œuf frais ou du blanc auquel on ajoute de l'eau distillée dans un bécher jusqu'à atteindre un volume de 25 ml. L'ensemble est porté sur un agitateur magnétique pendant 1 heure. Pour la lecture au spectrophotomètre, 25 μl de la solution est diluée dans un tube à essais. Ensuite, il faut ajouter à ce volume 1 ml de la solution de Biuret. L'ensemble est mixé pendant 5 min entre 30 et 35 °C ou pendant 10 min entre 15 et 25 °C. Le mélange obtenu est transvasé dans la cuve de 1 ml pour la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 546 nm. Le taux de protéine obtenue se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Protéines totales (g/dl)} = \frac{(\text{Abs Ech} - \text{Abs blanc})}{(\text{Abs Stand} - \text{Abs blanc})} \times \text{Con. Stand} \times \text{fd}$$

Abs= Absorbance, Ech= échantillon, Con. stand= concentration du standard en g/dl, fd= facteur de dilution

2.2.6.3. Qualité organoleptique

Pour avoir la préférence des consommateurs, la méthode hédonique des tests sensoriels a été utilisée. Dans l'analyse sensorielle, la préférence est une évaluation affective du plaisir procuré par la dégustation immédiate d'un aliment qui apporte une stimulation sensorielle, ou encore de l'anticipation de ce plaisir (Rozin, 1990). Le nombre de sujets recommandé par les normes AFNOR (NF V09-500 Décembre 2012) pour ce type de test est de 60 consommateurs non formés ou 10 panelistes formés (Thomas, 2017). Selon Albert *et al.* (2012) pour les aliments solides, il faut neuf (9) sujets formés. Même s'il semble raisonnable de considérer un maximum de 10 descripteurs, il est primordial de ne pas négliger la taille du panel et de recruter plus de juges que ce qui est recommandé dans les méthodes descriptives conventionnelles (Pineau *et*

al., 2012). Pour évaluer les préférences, il a été effectué un test de dégustation. Pour ce faire, 18 œufs par régime (3 œufs par cage) ont été prélevés à 15, 30 et 45 jours d'expérience (un total de 54 œufs par période). Tous les œufs pour une période donnée ont été cuits au même moment et de la même manière, deux heures avant le début du test organoleptique. Les œufs de chaque régime ont été placés dans de l'eau à température ambiante, portés à ébullition pendant 5 minutes, puis retirés de la casserole et placés dans l'eau froide pendant 10 minutes (Kouakou *et al.*, 2017). Les œufs ont été décortiqués, coupés longitudinalement en deux moitiés et placés dans des assiettes séparées. Dix-huit (18) personnes ont été recrutés en fonction de leur fréquence de consommation d'œufs (au moins deux fois par mois). Les panélistes étaient 9 hommes et 9 femmes. Tous les panélistes étaient des membres du personnel, des étudiants et des doctorants de l'Institut Polytechnique National Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro. Sur la base de ces critères, les panélistes ont été formés pendant trois jours à l'étude sensorielle des œufs de pintades. Chaque séance a duré trois heures, et a porté sur les caractéristiques sensorielles de l'œuf que sont la texture, le goût, l'odeur et la couleur du jaune. En plus du test de préférence, il y avait un test de notation sur 10 pour permettre aux panélistes de déterminer le statut hédonique des œufs dégustés (Boutrolle, 2009). Des échelles ont également été élaborées au cours des séances de formation. L'échelle allait de 1 (faible expression de l'attribut, c'est-à-dire inacceptable) à 10 (expression élevée de l'attribut, c'est-à-dire excellente). Les panélistes ont évalué les œufs sur une échelle de dix points pour la texture, le goût, l'odeur, la couleur du jaune et la préférence. L'échelle est définie comme suite (1 = goût extrêmement faible, aucune odeur, couleur du jaune extrêmement faible et extrêmement réprouvé ; 10 = goût extrêmement fort, odeur extrêmement bonne, couleur du jaune extrêmement élevée, et extrêmement prisé) (Annexe 4). Des évaluations sensorielles ont été effectuées par les 18 panélistes adultes formés (Thomas, 2017). Trois demi-œufs composés d'un demi-œuf par régime ont été présentés aux panélistes dans une assiette à chaque période de l'expérimentation (15, 30 et 45 jours).

2.2.7. Coût alimentaire de la production des œufs

Ce paramètre économique permet d'évaluer le coût de revient pour produire un œuf en fonction du régime alimentaire de la pintade. A cet effet, le coût alimentaire de l'œuf a été évalué à partir de la formule suivante :

$$Co (FCFA) = \frac{Calt * Qalt (g)}{Tp} \times 100$$

Co= coût de production d'un œuf en FCFA ; Calt= coût d'un g d'aliment ; Qalt= consommation moyenne d'aliment (g) ; Tp= taux de ponte (%)

Le coût de l'aliment (Calt) a été évalué pour chaque régime. Pour le régime témoin, le coût du kilogramme d'aliment a été déduit par rapport au coût de revient des 50 kg plus le transport. Concernant les régimes supplémentés, le kilogramme de la farine de graine d'*E. heterophylla* a été évaluée à 5000 FCFA car les jeunes qui récoltent nous vendent 200 g à 1000 FCFA. Aussi, quand nous récoltons, nous prenons cinq demi-journées pour avoir un (1) kg de graines. Dans la zone, le coût d'un contractuel en quatre heures ou demi-journée de travail est de 1000 FCFA. Sur cette base, on détermine le coût des 95 % de l'aliment commercial et les 5 % de la farine des graines d'*E. heterophylla* par rapport à la quantité moyenne d'ingestion par cage. Concernant le tourteau des graines d'hévéa, le sac de 50 kg nous revient à 1500 FCFA et pèse en réalité 40 kg. Sur cette base, on détermine le coût du kilogramme des graines auquel on ajoute le transport et les frais de broyage. Comme ci-dessus, on détermine le coût des 95 % de l'aliment commercial et les 5 % du tourteau des graines d'hévéa par rapport à la quantité moyenne d'ingestion par cage.

La consommation moyenne des pintades (Qalt) par cage a été déterminée chaque jour par la différence entre la quantité d'aliment distribuée et le refus. Cette opération est faite avant le prochain service. Quant au taux de ponte (Tp), il s'évalue en faisant la somme d'œufs produits dans d'une cage en un jour par le nombre de pintades de la cage.

2.2.8. Analyses statistiques

2.2.8.1. Enquête

Le questionnaire comprenait des variables qualitatives et quantitatives. Les profils socio-économiques des éleveurs de pintades, des revendeurs d'œufs de pintades ainsi que les facteurs liés à la production des œufs ont été déterminés par une analyse descriptive.

L'analyse de l'objectif des éleveurs de pintades a utilisé la méthode de l'arbre de classification et de régression (CART) sur les données socio-économiques (Kouakou *et al.*, 2011). Cet arbre de classification et de régression est obtenu par un partitionnement binaire récursif. Le processus est binaire parce que les nœuds parents sont toujours divisés en deux nœuds descendants et récursif parce que le processus est répété en considérant chaque nœud comme un nœud parent (Kouakou *et al.*, 2011). La typologie des producteurs de pintades a été identifiée par une analyse des correspondances multiples (ACM) des données brutes. Cette méthode est souvent utilisée pour décrire, explorer, résumer et visualiser l'information contenue dans les

données du questionnaire (Husson et Josse, 2014). L'analyse des correspondances multiples a été suivie d'une classification hiérarchique ascendante (ACH) avec des paramètres standards (distance euclidienne, méthode de Ward, troncation automatique). Les entrées de l'ACH étaient les coordonnées des pourcentages pondérés des axes d'inertie, réduits excentrés. Le type de système d'élevage a ensuite été relié aux données socioéconomiques pour produire un typage complet des éleveurs à l'aide de l'ACM et de l'ACH. L'arbre à problème, outil d'analyse relationnelle de causes à effet a été utilisé pour la réalisation de l'analyse des causes de la situation actuelle. L'arbre à problème vise à identifier un problème central, ses effets et ses causes premières (Kouakou *et al.*, 2015). L'ensemble des tests statistiques a été réalisé à l'aide des logiciels R 3.3.2. et XLSTAT (2014).

2.2.8.2. Expérimentation

Les données concernant les paramètres de performance des pintades, les paramètres biochimiques ainsi que les paramètres physiques et nutritionnels ont été analysées par une analyse de variance (ANOVA 1 ou 2) avec le logiciel XLSTAT. L'ANOVA 1 était utilisée quand le seul facteur indépendant était le régime alimentaire. L'ANOVA 2 était utilisée quand on a deux facteurs indépendants (le régime alimentaire et le temps de distribution de l'aliment). Les résultats obtenus sont exprimés en moyenne avec l'erreur standard des valeurs moyennes accompagnées de la P-value. Les comparaisons par paires des moyennes ont été effectuées par le test Newman-Keuls au seuil de signification de 5 %. Le test de préférence concernant l'analyse organoleptique a été réalisé sur les trois périodes, 15 ; 30 et 45 jours d'alimentation des pintades. Après avoir recueilli les données des dégustateurs, elles ont été normalisées. Pour ce faire, le score des notes attribuées à chaque paramètre a été déterminé en faisant le rapport de la note du dégustateur par l'écart type standard de l'ensemble des notes du paramètre considéré (Sow et Grongnet, 2010). Une analyse de variance (ANOVA 2) sur les différents descripteurs a été effectuée avec le logiciel XLSTAT. Une modélisation des données du test sensoriel a été effectuée par la régression des moindres carrés partiels à partir du logiciels XLSTAT avec un seuil de signification de 0,097 (Lawlor *et al.*, 2003). Cette analyse permettait de mettre en évidence la préférence et les paramètres sensoriels avec les variables explicatives telles que les paramètres nutritionnels des œufs (Chapman *et al.*, 2005).

TROISIÈME PARTIE :

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 1 : TYPOLOGIE DES ACTEURS ET PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

Les produits d'élevage des pintades occupent le deuxième rang des produits avicoles en Afrique de l'Ouest. Ils jouent un rôle socio-économique, nutritionnel et thérapeutique pour les populations. Ils sont très prisés par les ivoiriens. Malgré ces potentiels, ces produits restent difficiles d'accès en Côte d'Ivoire. L'objectif de cette étude sera d'assurer une meilleure connaissance des acteurs et les différents paramètres liés à l'élevage des pintades en Côte d'Ivoire. L'enquête sera axée sur les données socio-économiques des producteurs de pintades, les facteurs de reproduction des pintades et des données socio-économiques des revendeurs de ces produits.

1.1. Données socio-économiques des producteurs de pintades

L'échantillon final contenait 97 éleveurs de pintades. Les paramètres socio-économiques des éleveurs de pintades sont mentionnés dans le tableau XIII. Il ressort de l'enquête que la mélagriculture est pratiquée à 90,72 % par des personnes dont l'âge est compris entre 18 et 59 ans. Les femmes participent à cette activité mais elles ne représentent que 4,12 % des éleveurs enquêtés. C'est une activité pratiquée sur l'ensemble du pays à travers les différentes zones d'enquête. Plus de la moitié des éleveurs enquêtés étaient des analphabètes (54,64 %). Cette activité est exercée autant par les étrangers que par les ivoiriens (52,58 %). Les éleveurs qui pratiquent la religion musulmane sont les plus nombreux et constituent 54,64 % de l'effectif. La majorité des éleveurs enquêtés ont pour objectif de vendre et de consommer le surplus des pintades et les œufs (65,98 %), tandis que 34,02 % ne vendent que les produits d'élevage (les jeunes pintades et les œufs). Dans cette étude, 42,27 % des éleveurs possèdent un effectif de moins de 20 pintades. Parmi ces éleveurs, il y a 92,78 % qui financent leur propre activité. Les éleveurs vendent l'unité d'œuf à un prix moyen de 110 ± 60 FCFA et la pintade à 3800 ± 1900 FCFA. Selon 68,04 % des éleveurs, l'unité d'œuf est vendue entre 100 et 200 FCFA tandis que la pintade est vendue pour 72,16 % des éleveurs entre 2500 et 6500 FCFA. Selon les travaux effectués par Koné *et al.* (2018), l'élevage de la pintade est pratiqué par des personnes de tous les niveaux sociaux, sans distinction de sexe, de religion, d'ethnie ou de niveau d'éducation. La dominance des hommes dans la mélagriculture dans cette étude concorde avec les résultats d'une étude antérieure effectuée au Bénin sur les éleveurs de pintades (Dahouda *et al.*, 2007). En effet, les difficultés liées à l'activité de l'élevage en Afrique en général et en Côte d'Ivoire en particulier font que les femmes s'intéressent de moins en moins à cette activité. Les niveaux d'étude des éleveurs de pintades diffèrent de ceux obtenus par Issaka et Yeboah (2016).

Tableau XIII : Paramètres socio-économiques des producteurs de pintades

Variabes	Modalités	Effectifs	Proportion (%)
Sexe	1. Masculin	93	95,88
	2. Féminin	4	4,12
Age	1. 18 à 59 ans	88	90,72
	2. Plus de 59 ans	9	9,28
Religion	1. Chrétien	34	35,05
	2. Musulmans	53	54,64
	3. Animistes	10	10,31
Niveau d'étude	1. Primaire	19	19,59
	2. Etude secondaire	10	10,31
	3. Niveau lycée	15	15,46
	4. Analphabète	53	54,64
Situation Matrimoniale	1. Marié	82	84,54
	2. Célibataire	15	15,46
Effectif	1. Moins de 20 pintades	41	42,27
	2. 20 à 50 pintades	33	34,02
	3. Plus de 50 pintades	23	23,71
Objectif	1. Vente	33	34,02
	2. Vente et consommation	64	65,98
Nationalité	1. Ivoirien	51	52,58
	2. Etranger	46	47,42
Mode de vente	1. Directe	87	89,69
	2. Indirecte	10	10,31
Financement	1. Autofinancement	90	92,78
	2. Financement extérieur	7	7,22
Mode d'acquisition	1. Achat de pintades	13	13,40
	2. Dons de pintades	5	5,15
	3. Achat œufs et couvaion	72	74,23
	4. Don œufs et couvaion	7	7,22
Prix de l'œuf	1. < 100 F	26	26,80
	2. 100 à 200 F	66	68,04
	3. > 200 F	5	5,16
Prix de la pintade	1. < 2500 F	24	24,74
	2. 2500 à 6500 F	70	72,16
	3. Plus de 6500 F	3	3,10

Ils ont montré qu'au Ghana, 33 % des éleveurs de pintades sont instruits et que seulement 3 % ont le niveau lycée. La proportion d'éleveurs qui ne vendent que des œufs et les pintades est plus faible au Burkina Faso (Sanfo *et al.*, 2007). L'œuf coûte moins cher au Zimbabwe (60 FCFA) mais la pintade coûte 4000 FCFA qui est environ le prix moyen de la pintade dans cette étude (Madzimure *et al.*, 2011).

1.2. Analyse descriptive des paramètres de reproduction des pintades

Les paramètres de reproduction des pintades recueillis auprès des éleveurs sont représentés dans le tableau XIV. Ces paramètres donnent une connaissance générale sur la reproduction des pintades élevées en Côte d'Ivoire. Pendant l'enquête, deux races de pintades ont été observées chez certains éleveurs (la race locale et une race importée).

L'analyse effectuée sur les données de reproduction révèle que les mélégriens font plus l'élevage extensif (62,89 %) avec moins de 20 pintades en moyenne par éleveur (42,27 %). Nombreux sont les éleveurs qui apportent de l'aliments aux pintades (70,10 %). Ils ne donnent que quelques poignées de sorgho ou de maïs dans le but principal de les inciter à rentrer chez eux. La majorité d'entre eux a commencé cette activité avec les œufs qu'ils ont achetés et les ont faits couver sous des poules (74,23 %). Ces éleveurs ne disposent pratiquement pas de pondeurs pour leurs pintades en période de ponte (85,57 %). Ils estiment que la période d'entrée en ponte chez les pintades, a lieu en général entre 6 et 7 mois d'âge (62,89 %) pendant la saison pluvieuse de mai à novembre (88,66%). Ils pratiquent pour beaucoup un sex-ratio de 1 à 2 femelles pour un mâle (75,26 %). Certains éleveurs (14,43 %) possèdent des pintades importées de la France dont l'entrée en ponte survient avant l'âge de six (6) mois. La période d'incubation des œufs de pintades dure entre 27 et 28 jours (84,53 %). La moitié des éleveurs enregistre un taux d'éclosion des œufs de moins de 70 %. Les pintades produisent en moyenne 100 ± 31 œufs par an. Nos résultats concordent avec ceux de Sanfo *et al.* (2007) au Burkina Faso qui ont trouvé un taux de ponte de $103,8 \pm 9,8$ œufs par pintade en une année avec un sex-ratio de $2,3 \pm 1,1$ femelles pour un mâle. En revanche, au Botswana la sex-ratio est de quatre femelles pour un mâle, aussi une pintade pouvait pondre habituellement en ferme entre 130 à 145 œufs par an (Royter et Arutyunyan, 1990 ; Royter, 1991). De ce qui précède, l'on pourra dire que l'arrêt de ponte et la faible production d'œufs seraient liés à la quantité, à la qualité et au temps de distribution de l'aliment chez la pintade en période de ponte. Concernant la période de ponte, le même résultat a été observé au Burkina Faso (Sanfo *et al.*, 2012) et au Ghana (Issaka et Yeboah, 2016). Cependant, au Botswana, la pintade pond pendant la saison sèche (septembre à avril) (Moreki et Seabo, 2012).

Tableau XIV : Paramètres de reproduction des pintades

Variabes	Modalités	Effectifs	Proportion (%)
Système d'élevage	1. Intensif	18	18,56
	2. Semi-intensif	18	18,56
	3. Extensif	61	62,88
Saison favorable de ponte	1. Pluie	86	88,66
	1. Sécheresse	11	11,34
Alimentation des pintades	1. Apport d'aliment	68	70,10
	2. Pas d'aliment	29	29,90
Matériel de ponte	1. Oui	14	14,43
	2. Non	83	85,57
Sex ratio	1. ≤ 2 femelles	73	75,26
	2. >2 femelles	24	24,74
Âge d'entrée en ponte	1. < 6 mois	14	14,43
	2. 6 à 7 mois	61	62,89
	3. > 7 mois	22	22,68
Durée d'incubation	1. < 27 jours	8	8,25
	2. 27 à 28 jours	82	84,53
	3. > 28 jours	7	7,22
Nombre d'œufs	1. < 100 œufs	24	24,74
	2. 100 œufs	47	48,45
	3. > 100 œufs	26	26,81
Taux d'éclosion	1. < 70 %	49	50,52
	2. 70 à 90 %	32	32,99
	3. > 90 %	16	16,49

Elle peut pondre toute l'année, si elle reçoit une alimentation adéquate et de l'eau *ad libitum* (Konlan *et al.*, 2011). Le taux d'éclosion était similaire à celui observé au Bénin (Laurenson, 2002) mais supérieur à celui observé au Zimbabwe (63,8 %) (Zvakare *et al.*, 2018) ou à celui observé au Mali (44 %) (Kuit *et al.*, 1986). La durée moyenne d'incubation était la même en Iran (Fani *et al.*, 2004) et au Bangladesh (Khairunnesa *et al.*, 2016). La majorité (95 %) des éleveurs ont déclaré que la mortalité élevée des jeunes pintades était un facteur critique à la production des pintades. Les éleveurs ont simplement déclaré que le taux de mortalité était élevé sans donner les causes réelles. Cette situation de mortalité précoce élevée était similaire dans d'autres pays africains comme le Mali où 49 % des pintadeaux ont disparus à l'âge d'un mois (Kuit *et al.*, 1986) et 27 % de mortalité précoce au Burkina Faso (Sanfo *et al.*, 2008). Cette mortalité était principalement due à des prédateurs comme les serpents et les aigles (jusqu'à 33,3 % de la mortalité précoce) au Zimbabwe (Zvakare *et al.*, 2018), aux maladies et aux parasites.

1.3.Principaux déterminants de la production des pintades

L'analyse de l'arbre de classification avec "l'objectif des éleveurs" comme variable dépendante est présentée à la figure 14. Elle a été effectuée avec les paramètres déterminants de la production des pintades. Le nœud terminal 1 comprenait 18 éleveurs qui pratiquaient l'élevage intensif et qui ne vendaient principalement que leurs œufs et leurs pintades (88,89%). Le nœud terminal 2 comprend 79 éleveurs qui pratiquent un élevage semi-intensif ou extensif. Parmi ces 79 éleveurs, la majorité (78,48 %) vendent les œufs et les pintades, 10 avaient au moins un niveau d'éducation secondaire et la majorité c'est-à-dire les 69 autres éleveurs avaient au plus un niveau d'éducation primaire. Ces deux groupes vendent et consomment les œufs et les pintades. Ainsi, nous retenons que les éleveurs qui ont le plus haut niveau d'éducation sont des travailleurs indépendants qui font l'élevage comme leur activité principale. Pour ces derniers, les produits d'élevage (pintades et œufs) sont destinés directement à la commercialisation.

1.4.Typologie globale des éleveurs de pintades

L'analyse des correspondances multiples (ACM) effectuée sur des variables a identifié une dispersion des individus dans six axes factoriels. Cette représentation graphique permet d'expliquer 78,96 % de la variabilité totale. Le regroupement hiérarchique sur la base des coordonnées des individus distingue trois groupes d'éleveurs par affinité (groupe 1, 2 et 3) (Figure 14).

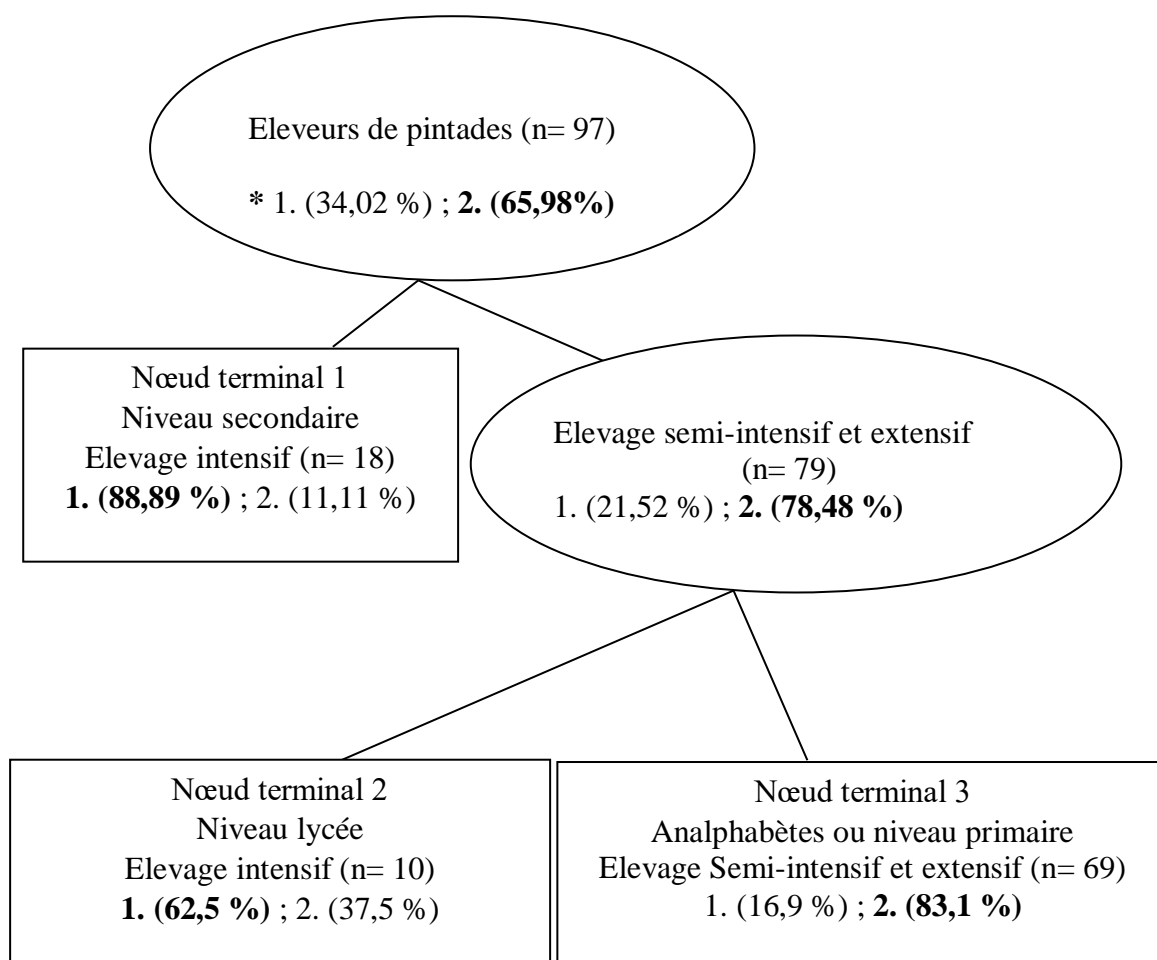


Figure 14 : Arbre de classification avec « Objectif des éleveurs » comme variable cible

*: 1 = commercialisation des œufs ; 2 = commercialisation et consommation des œufs

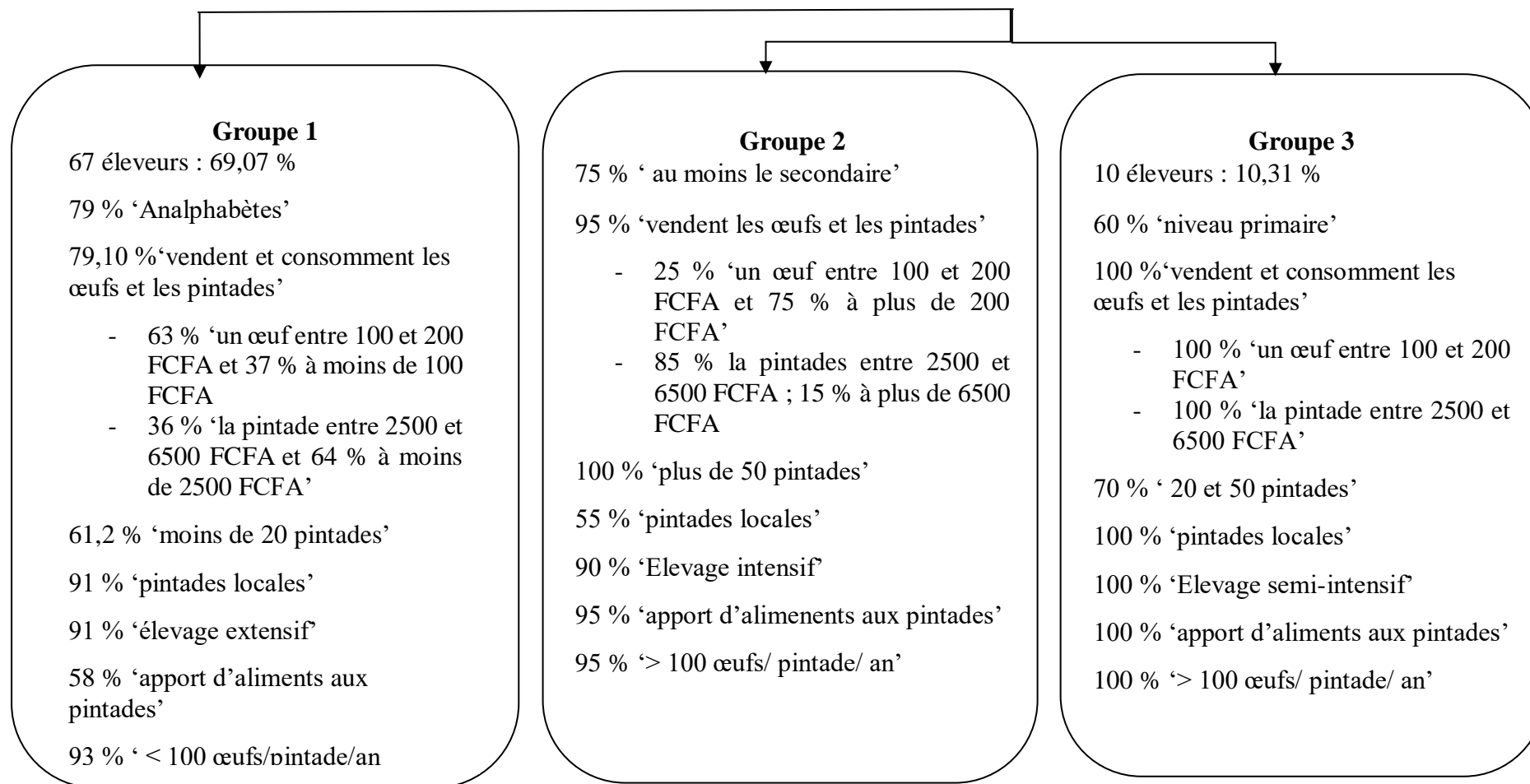


Figure 15 : Classification des éleveurs de pintades

La division en ces trois ensembles est liée au niveau d'éducation, au système d'élevage (extensif, intensif et semi-intensif), au nombre de pintades, à la production des pintades (œufs et pintades) et à l'alimentation ou non des pintades. Dans le groupe 1, la plupart des producteurs de pintades pratiquaient l'élevage extensif (91 %), 79 % étaient analphabètes, 61,2 % avaient moins de 20 pintades. La plupart avait des pintades de race locale (91 %). Plus de la moitié nourrissait les pintades (58 %). Selon 93 % des producteurs, une pintade pouvait pondre un nombre inférieur ou égal à 100 œufs par an. Ces fermiers consommaient et vendaient des œufs et des pintades (79 %). Dans le groupe 2, la grande majorité des producteurs (90 %) pratiquaient l'élevage intensif et 75 % de ceux-ci avaient un bon niveau d'éducation. Tous les producteurs de ce groupe avaient plus de 50 pintades avec 55 % qui possèdent les pintades de race locale. C'est seulement 5 % des producteurs qui ne nourrissaient pas leurs pintades et 95 % estimaient qu'une pintade pouvait pondre plus de 100 œufs en une année. Leur principale source de revenus est tirée de la vente des œufs et des pintades. Dans le groupe 3, tous les producteurs pratiquaient l'élevage semi-intensif, 60 % avaient un niveau d'étude primaire et 70 % avaient entre 20 et 50 pintades de race locale. Tous les fermiers nourrissaient leurs pintades. La production d'œufs par pintade en une année est supérieure à 100. Ils ne vendent que les œufs et des pintades produits. Cette typologie vient confirmer les résultats de Kouadio *et al.* (2013) selon lesquels le système semi-intensif améliore la production des pintades par rapport à un élevage extensif. Selon Sanfo *et al.* (2008), une amélioration des conditions alimentaires et nutritionnelles a des effets positifs sur des performances de ponte des pintades. En effet, à l'analyse des résultats de ces différents auteurs, l'on pourra dire que c'est la qualité et la quantité d'aliment disponible dans le temps qui amélioreraient la production des pintades. Dans ces systèmes d'élevage, c'est la disponibilité de l'aliment et l'habitat des oiseaux qui diffèrent d'un système à l'autre.

1.5. Contraintes liées à la production des pintades en Côte d'Ivoire

Plusieurs facteurs considérés comme des contraintes à une production optimale sont présentés à la figure 16. L'absence de gestion sanitaire des oiseaux et la mauvaise gestion des pintadeaux sont des facteurs qui réduisent leur taux de survie. L'incohérence du système d'alimentation est également un facteur majeur de sous-alimentation et de malnutrition, pouvant entraîner une mauvaise santé chez les pintadeaux et leur mort précoce, ainsi qu'une faible productivité des pintades. Ces contraintes ont été décrites par plusieurs auteurs dans des pays d'Afrique subsaharienne comme le Zimbabwe, le Mali et le Burkina Faso (Zvakare *et al.*, 2018 ; Kuit *et al.*, 2017 ; Sanfo *et al.*, 2008).

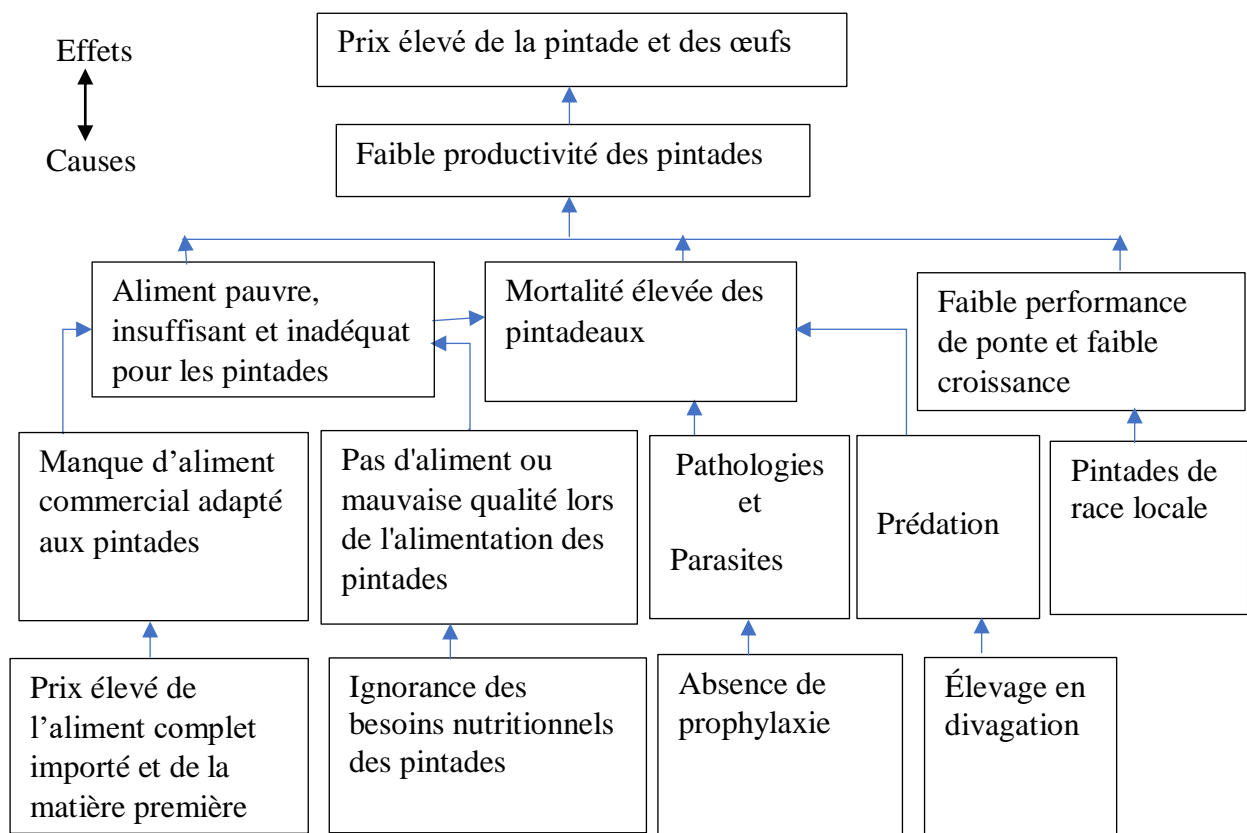


Figure 16 : Contraintes liées à la production des pintades

1.6. Données socio-économiques des revendeurs d'œufs de pintades

L'échantillon final comportait 19 revendeurs de pintades et d'œufs. Les paramètres socio-économiques de ces revendeurs sont mentionnés dans le tableau XV.

Il ressort de l'enquête que les revendeurs rencontrés étaient tous des hommes dont 84,21 % avaient un âge compris entre 18 et 59 ans. Il y avait 52,63 % d'entre eux qui achètent les œufs avec les éleveurs et 94,74 % vendent dans les grands marchés avec des produits d'autres espèces de volailles. Cette activité est exercée en majorité par des ivoiriens (73,68 %). Il y avait 89,47 % des enquêtés qui pratiquaient la religion musulmane. C'est dans seulement 50 % des régions enquêtées que l'on a pu rencontrer un ou des revendeurs des produits d'élevage de pintades. Les analphabètes représentent 68,42 % de l'effectif. Tous ces revendeurs ont une durée moyenne dans cette activité de 77 ± 62 mois. Plus de la moitié (52,63 %) achetait l'œuf chez les éleveurs à 100 FCFA et 78,95 % de l'effectif revendait l'unité d'œuf à 200 FCFA. La grande partie des revendeurs (89,47 %) achetait la pintade chez le fermier à un prix compris entre 2500 et 3500 FCFA. Ils revendaient la pintade aux consommateurs au prix de 4500 à 6000 FCFA (63,16 %).

Tableau XV : Paramètres socio-économiques des revendeurs de pintades et des œufs

Variables	Modalités	Effectifs	Proportion (%)
Age	1. 18 à 59 ans	16	84,21
	2. Plus de 59 ans	3	15,79
Nationalité	1. Nationaux	14	73,68
	2. Non nationaux	5	26,32
Religion	1. Chrétien	2	10,53
	2. Musulman	17	89,47
Niveau d'étude	1. Primaire	3	15,79
	2. Etude secondaire	2	10,53
	3. Niveau lycée	1	5,26
	4. Non scolarisé	13	68,42
Ancienneté	3. ≤ 5 ans	11	57,89
	4. > 5 ans	8	42,11
Lieu d'achat	1. Marché	8	42,11
	2. Ferme	10	52,63
	3. Maison	1	5,263
Lieu de vente	1. Marché	18	94,74
	2. Maison	1	5,26
Prix d'achat d'un œuf	1. < 100 F	7	36,84
	2. 100 F	10	52,63
	3. 150 F	2	10,53
Prix de vente d'un œuf	1. < 200 F	3	15,79
	2. 200 F	15	78,95
	3. > 200 F	1	5,26
Nombre d'œufs vendu/ jour	1. ≤ 20	16	84,21
	2. > 20	3	15,79
Durée de stockage des œufs	1. ≤ 7 jours	7	36,84
	2. 8 à 14 jours	3	15,79
	3. > 14 jours	9	47,37
Raison de la cherté de l'œuf	1. Rareté	17	89,47
	2. Périodique	2	10,53
Prix d'achat d'une pintade	5. 2500 à 3500 F	16	84,21
	6. 4000 à 5000 F	3	15,79
Prix de vente d'une pintade	1. 4500 à 6000 F	12	63,16
	2. 6500 à 7000 F	7	36,84

Conclusion partielle

En Côte d'Ivoire, la mélagriculture est encore traditionnelle. Elle est pratiquée par toutes les couches de la société sans distinction de genre, d'âge, de religion et de niveau d'instruction. Malgré les avantages nutritionnels et socio-économiques des pintades et des œufs, le système d'élevage extensif ne pourra pas garantir une forte production à cause du vol et de la prédation. Le besoin de formation le plus important pour les éleveurs concerne le contrôle de la mortalité des pintadeaux dont ils n'ont pas la maîtrise. Il serait nécessaire de former les acteurs et d'améliorer les conditions d'alimentation pour une meilleure production des produits d'élevage des pintades. Le développement de cette activité d'élevage pourrait alors contribuer à l'autosuffisance alimentaire en protéines animales et à lutter contre la pauvreté dans les zones rurales.

CHAPITRE 2 : AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE DE PRODUCTION ET DE LA QUALITE DES ŒUFS DE PINTADES

L'étude expérimentale a été effectuée dans le but d'évaluer l'impact de la durée de distribution de l'aliment sur les performances des pintades et les qualités de leurs œufs. Pour ce faire, le temps d'expérimentation a été subdivisé en trois périodes de 15 ; 30 et 45 jours. Les paramètres de performances et les caractéristiques biochimiques des pintades ainsi que les paramètres de qualité des œufs ont été déterminés. Les paramètres de performance des pintades ont concerné le poids des pintades, le taux de ponte et l'indice de consommation. Les paramètres biochimiques ont concerné l'alanine aminotransférase (ALT) et l'aspartate aminotransférase (AST). Les paramètres de qualité des œufs comprenaient les paramètres de qualités physique, nutritionnelle et organoleptique. Enfin, le coût de production alimentaire de l'œuf en fonction du coût du régime alimentaire a été évalué. Avant l'analyse des paramètres cités plus haut, la composition chimique des régimes alimentaires a été déterminée.

2.1.Composition chimique des régimes expérimentaux

Les valeurs des composés chimiques analysées pour chaque régime expérimental sont consignées dans le tableau XVI. Les trois régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques. La proportion de matière sèche était similaire dans les différents régimes. La teneur en cyanure d'hydrogène des régimes supplémentés RE et RH était très faible par rapport au seuil qui est de 10 mg/ kg (FAO et OMS, 2013). Les traces d'acide cyanhydrique obtenues dans ces régimes montrent de l'efficacité de la méthode de séchage à éliminer ce facteur antinutritionnel. La teneur en fibres brutes était plus élevée dans les régimes supplémentés RE et RH. Cette teneur importance en fibres dans ces régimes devrait nous permettre d'obtenir des œufs plus gros (Albker et Bieler, 2015). Les fibres permettraient donc de réduire les pertes en certains nutriments majeurs comme la protéine. D'après ces auteurs, la teneur accrue de fibres brutes augmenterait la consommation des volailles, réduirait le taux de mortalité mais diminuerait la résistance à la casse des coquilles. Aussi, la fibre par sa capacité d'adsorption, permet de diminuer la cholestérolémie en agissant sur les acides biliaires (Ndoye, 1996). Lorsque les lipides constituent une importante source d'énergie dans l'alimentation, cela se traduit par une meilleure ingestion d'aliment et de meilleures performances zootechniques chez les oiseaux (Olomu et Offiong, 1980; Grisoni *et al.*, 1990). Le régime RE était très riche en acides gras polyinsaturés (AGPI) et contient 8,97 fois plus d'acides gras n-3 que le régime témoin RT. Quant au régime RH, il est moins enrichi en acides gras n-3 que celui de RE mais il en contient trois (3) fois plus que celui du régime RT.

Tableau XVI : Composition chimique des régimes expérimentaux

Ingrédients (%)	Régimes		
	RT	RE	RH
Aliment commercial	100	95	95
Farine de graines d' <i>Euphorbia heterophylla</i>	0	5	0
Tourteau de graines d' <i>Hevea brasiliensis</i>	0	0	5
Total	100	100	100
Composition chimique des régimes par MF			
Matière sèche (%)	92,67	92,83	91,50
Matière minérale (%)	11,89	12,17	12,08
Lipide brut (%)	8,36	8,62	9,01
Protéine brute (%)	15,52	15,75	15,92
Amidon (%)	11,71	11,56	11,66
Fibre brute (%)	5,51	7,0	6,19
Phénols totaux (mg EAG/g)	0,18	0,26	0,24
Flavonoïdes totaux (g QE/g)	0,04	0,05	0,05
Acide cyanhydrique (µg/kg)	0,00	0,02	0,05
Macroélément (%)			
Calcium	3,18	3,53	3,26
Phosphore	1,55	2,13	2,16
Calcium/Phosphore	2,05	1,66	1,51
Energie Métabolisable (MJ/kg) *	14,49	14,24	14,67
Profil en acide gras (% des lipides totaux)			
AGS	40,45	32,94	41,82
AGM	31,38	25,76	35,11
AGPI	28,17	41,30	28,08
n-6 (% des AGPI)	26,35	24,86	17,37
n-3 (% des AGPI)	1,83	16,42	5,50
AGPI/ AGS	0,81	1,42	0,41
n-6/ n-3	14,40	1,52	3,16
C18:2 n-6/ C18:3 n-3 (LA/ALA)	18,93	1,53	7,48

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*. MF= matière fraîche ; GAE = équivalent acide gallic ; QE = équivalent quercétine ; *: Energie Métabolisable a été calculée par la formule de Sibbald citée par Kenfack *et al.* (2006): EM (Kcal/kg) = 3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 MM où CB= cellulose brutes et MM= Matière minérale. AGS: acide gras saturé; AGMI= acide gras mono-insaturé; AGPI= acide gras polyinsaturé; n-6/n-3 = Somme acides gras n-6 / Somme acides gras n-3; AGPI/ AGS = 18:2n-6 + 18:3n-3/14:0 + 16:0 + 18:0 (Kouba *et al.*, 2003).

Le ratio LA/ALA est très élevé pour le régime témoin RT par rapport aux normes qui sont de l'ordre de 2 ou 1,1 respectivement pour des aliments des poules pondeuses modérément enrichis ou très enrichis en AGPI n-3 (Nain et al., 2012). A partir de ces normes, seul le régime RE serait enrichi en AGPI oméga-3.

2.2.Effets des régimes et du temps d'alimentation sur la performance des pintades

Les paramètres de performance de production des pintades mesurés ont concerné le poids vif, l'indice de consommation et le taux de ponte (Tableau XVII). Ces paramètres ont été évalués sur un effectif de 48 pintades par régime et 144 pintades par période.

2.2.1. Poids des pintades

Les analyses effectuées sur le poids des pintades obtenu chaque deux semaines pendant l'expérimentation indiquent que les régimes alimentaires ainsi que le temps de distribution d'aliment n'ont pas eu d'effet significatif sur ce paramètre. Les poids moyens des pintades en fonction des régimes et de la durée de la distribution d'aliment sont respectivement de 2443 g et de 2444 g. Cette différence non significative de poids des pintades en fonction des régimes se justifierait par des teneurs en énergie et en protéine similaires des trois régimes. Nos résultats concordent avec ceux de Koffi *et al.* (2016) qui ont utilisé des régimes isoénergétiques chez les cailles. Ces auteurs n'ont pas obtenu de différence significative de poids des cailles pondeuses parce que les régimes utilisés dans leur expérimentation étaient tous isoénergétiques.

2.2.2. Indice de consommation

Les pintades des régimes supplémentés RE et RH ont un indice de consommation plus faible et qui diffère significativement de celui des pintades sous le régime témoin RT. Ce qui veut dire que les pintades des régimes supplémentés consomment moins d'aliments pour produire la même quantité d'œufs que les pintades issues du régime témoin. On peut en déduire que les régimes supplémentés ont une plus grande efficacité alimentaire par rapport aux régimes RT. Cette efficacité alimentaire des régimes supplémentés serait à l'origine de leur teneur en lipide qui est supérieure à celle du régime témoin. Selon Larbier et Leclercq (1992), cette efficacité est positivement corrélée avec la teneur en lipide des régimes qui augmenterait la concentration énergétique des aliments. La durée de distribution d'aliments n'influence pas significativement l'indice de consommation. La valeur moyenne de l'indice de consommation dans le temps est de 6,98. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que l'efficacité alimentaire n'est liée qu'au régime alimentaire.

Tableau XVII : Paramètres des performances de production des pintades

Effectifs de pintades	Régimes			SEM	Périodes (jour)			SEM	Probabilité		
	RT	RE	RH		15	30	45		Régime	Période	Régime x Période
Poids pintades (g)	2386	2448	2496	35,190	2456	2414	2461	36,020	0,111	0,597	NS
IC	9,34 ^a	5,20 ^b	6,42 ^b	0,982	7,17	7,34	6,44	0,984	0,023	0,791	NS
Taux Ponte (%)	32,47 ^c	43,95 ^a	38,52 ^b	1,834	43,15 ^a	37,73 ^{ab}	34,06 ^b	1,833	<0,001	<0,001	NS

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ; IC= indice de consommation ; NS= pas de différence significative (P>0,05)

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard

Nos résultats dans le temps d'alimentation confirment ceux de Hassan *et al.* (2013) qui n'ont obtenu aucune différence significative de ce paramètre chez les poules qui ont été nourries pendant 60 jours.

2.2.3. Taux de ponte

Les régimes RE et RH ont considérablement amélioré le rapport aliments/œufs ainsi que le taux de ponte. Une augmentation du taux ponte de 35,36 % et de 18,63 % a été obtenue chez les pintades issues respectivement des régimes RE et RH par rapport au taux de ponte des pintades issues du régime témoin. Cependant, l'on a observé une diminution de ce taux de ponte avec le temps. Cela a été observé également par Bernacki *et al.* (2013) qui ont trouvé une baisse du taux de ponte dans le temps chez les pintades grises. Les régimes et le temps d'alimentation ont montré un effet significatif sur le taux de ponte des pintades. L'effet des régimes observé dans cette étude est contraire aux résultats de Huang *et al.* (2018) pour qui les régimes n'ont pas affecté significativement la production des œufs chez les poules pondeuses. Par contre, la production d'œufs et sa diminution avec le temps ont été similaires aux résultats obtenus chez les pintades par Bernacki *et al.* (2013). Cette baisse de ponte dans le temps est liée au vieillissement de la pondeuse qui utilise l'énergie pour plus d'entretien que pour la reproduction. Aussi, nos résultats corroborent ceux de Hassan *et al.* (2013) qui ont trouvé une baisse de la ponte dans le temps chez les poules en 60 jours d'expérimentation. Selon Guedou *et al.* (2018), la variation du taux de ponte s'explique essentiellement par la souche de pondeuses, la période de ponte considérée et la quantité de protéines et d'acides aminés ingérée quotidiennement par les poules. Dans cette étude, la variation de ponte entre les pintades issues des différents régimes serait due à la quantité et à la qualité des acides aminés ingérées par les pintades.

2.3.Effet des régimes sur les paramètres biochimiques des pintades

Les taux sériques hépatiques de l'alanine aminotransférase (ALT) et de l'aspartate aminotransférase (AST) actifs sont couramment utilisés comme biomarqueurs des lésions hépatiques. Ces enzymes sont généralement présentes en concentration négligeable. Une augmentation de leur concentration peut être le signe de cellules endommagées ou malades, ce qui indique l'état de la fonction hépatique. L'AST est un biomarqueur très sensible et non spécifique de pathologie du foie d'oiseau. Cependant, l'ALT a une faible spécificité pour les maladies du foie chez les oiseaux en raison de son existence dans de nombreux tissus. Les valeurs de ces enzymes obtenues dans cette étude sont enregistrées dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII : Paramètres sériques biochimiques des pintades

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla*

Transaminases	Régimes			SEM	P-value
	RT	RE	RH		
ALT (U/L)	3,08	3,49	3,53	0,230	0,261
AST (U/L)	157,54	157,77	159,02	1,541	0,892

; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*.

ALT= alanine aminotransférase ; AST= aspartate aminotransférase

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P>0,05$) ; SEM= erreur standard

Ses enzymes ont été dosées dans le sérum de douze (12) pintades par régimes soit deux pintades par cage. Les résultats obtenus montrent que la teneur en ALT moyenne de 3,37 U/l ne diffère pas significativement d'un lot de pintades à l'autre en fonction des différents régimes. Selon Campbell (2004), la valeur usuelle de cette enzyme chez la poule en bon état de santé est inférieure à 50 U/l. La valeur moyenne obtenue comparée à la valeur normale chez la poule montre que les pintades étaient en bonne santé. Cet état des pintades a été démontré par l'absence de pintades malades pendant toute l'expérimentation. On en déduit que les régimes ne sont donc pas toxiques. Concernant l'AST, la teneur moyenne obtenue chez les pintades de 158,11 U/l ne diffère pas d'un lot de pintades à l'autre en fonction des régimes. Cette valeur moyenne comparée à la valeur usuelle chez la poule qui doit être inférieure à 275 U/l, montre que les pintades étaient en bon état de santé. Nos résultats concernant l'activité de l'AST chez des pintades étaient faibles comparativement à ceux des poulets obtenus par Wang *et al.* (2017) compris entre 174 et 190 U/l. Par contre l'activité de l'ALT chez les pintades était dans la gamme des résultats de ces auteurs qui situe entre 1,83 et 3,17 U/l. La supplémentation de l'aliment commercial par la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* et du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* n'ont donc pas affecté significativement la santé des pintades par rapport au témoin.

2.4.Effets des régimes et du temps d'alimentation sur la qualité des œufs

En général, la qualité d'un aliment regroupe la qualité organoleptique ou sensorielle, la qualité nutritionnelle ou diététique, la qualité technologique, la qualité hygiénique ou sécurité sanitaire. Ce terme de qualité signifie également la maîtrise des dangers chimiques, biologiques et physiques associés à l'aliment (Salifou *et al.*, 2013). Dans ce travail, les analyses ont concerné la qualité physique, nutritionnelle et organoleptique des œufs.

2.4.1. Qualité physique des œufs

2.4.1.1. Qualité physique externe des œufs

Les paramètres de la qualité physique externe des œufs analysés ont concerné le poids de l'œuf, l'épaisseur médiane de la coquille, la proportion de la coquille, la longueur de l'œuf, la surface de l'œuf, le grand diamètre de l'œuf et l'index de la forme. Pour analyser ces différents paramètres, deux œufs par cage soient 12 œufs par régime ont été utilisés. Pour une période donnée, il a été utilisé au total 36 œufs qui est la somme des œufs utilisés pour les trois régimes. Les valeurs moyennes obtenues à partir de l'analyse de variance à deux facteurs (ANOVA 2) effectuées sur les données par le logiciel XLSTAT sont consignées dans le tableau XIX.

Tableau XIX : Paramètres physiques externes des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes

Paramètres	Régimes			SEM	Périodes (jour)			SEM	Probabilité		
	RT	RE	RH		15	30	45		Régime	Période	Régime x Période
Poids de l'œuf (g)	45,77	44,16	44,83	0,699	43,47 ^b	45,11 ^{ab}	46,17 ^a	0,699	0,272	0,030	NS
Epaisseur la coquille (mm)	0,67	0,68	0,64	0,015	0,69 ^a	0,67 ^a	0,62 ^b	0,015	0,087	0,010	NS
Proportion de la coquille (%)	18,00	18,31	17,63	0,304	17,47 ^b	18,87 ^a	17,60 ^b	0,304	0,297	0,003	NS
Longueur œuf (cm)	5,22	5,16	5,20	0,057	5,12	5,25	5,20	0,057	0,715	0,262	NS
Surface de l'œuf (cm ²)	59,72	58,32	58,89	0,617	57,70 ^b	59,14 ^{ab}	60,09 ^a	0,617	0,284	0,030	NS
Grand diamètre œuf (cm)	4,00	3,89	3,96	0,042	3,92	3,94	3,99	0,042	0,192	0,512	NS
Index de forme (%)	76,78	75,60	76,44	1,059	76,71	75,27	76,83	1,059	0,724	0,513	NS

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ; NS= pas de différence significative (P>0,05)

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard

Le régime alimentaire n'a pas affecté significativement les paramètres physiques décrits plus haut. Ainsi, le poids moyen des œufs est de 44,92 g avec une épaisseur moyenne des coquilles de 0,66 mm. La portion moyenne occupée par la coquille par rapport à l'œuf entier est de 17,98 %. Les œufs de pintades ont une longueur moyenne de 5,19 cm avec une surface moyenne de 58,98 cm². Le grand diamètre moyen et l'index de forme moyen des œufs sont respectivement de 3,95 cm et de 76,27 %. Par contre, dans le temps le poids des œufs augmente significativement avec la surface de l'œuf contrairement à l'épaisseur des coquilles qui diminue. On observe une fluctuation dans le temps concernant la proportion de la coquille. La longueur et le grand diamètre des œufs ainsi l'index de forme ne varient pas significativement dans le temps tout comme avec les régimes.

Dans cette étude, il a été observé une augmentation du poids des œufs avec le temps d'alimentation des pintades. Cette augmentation de poids d'œufs confirme les résultats de Wistedt (2013) avec les œufs de poules. Cette augmentation de poids des œufs serait liée à une augmentation du contenu du jaune et de l'albumine chez les jeunes pondeuses jusqu'à 30 semaines d'âge et seulement à celui de l'albumine pour les pondeuses âgées (Luquetti *et al.* (2004). À partir de ce constat, nous pouvons dire que l'augmentation du poids des œufs dans cette étude serait liée à une augmentation du blanc de l'œuf (albumine) car l'expérimentation a commencé quand les pintades avaient 42 semaines d'âge. Selon Whitehead (1995), cette variation du poids des œufs est provoquée par une stimulation de la synthèse protéique de l'oviducte par les graisses alimentaires. La taille de l'œuf définissant sa surface, alors l'augmentation de la surface de l'œuf observée dans le temps serait liée à l'augmentation de la taille de l'œuf (Nagarajan *et al.*, 1991).

Concernant l'épaisseur des coquilles, nos résultats corroborent ceux de Houndonougbo *et al.* (2012) qui n'ont obtenu aucune différence significative de l'épaisseur des œufs des pondeuses nourries avec différents régimes alimentaires. Selon Rostagno *et al.* (2005), le régime alimentaire n'affecte pas les teneurs en phosphore et en calcium de la coquille, même avec l'utilisation des régimes à forte teneur de calcium. Les résultats montrent par contre une baisse significative de l'épaisseur des coquilles pendant l'expérimentation. Ces résultats viennent confirmer ceux de Wistedt (2013) qui a observé une baisse de l'épaisseur des coquilles pendant la période de ponte chez les poules pondeuses. Cette baisse a été observée par plusieurs auteurs (Orhan *et al.*, 2001 ; Moula *et al.*, 2014 ; Samandoulougou *et al.*, 2016). La baisse de l'épaisseur de la coquille s'expliquerait par le grossissement de l'œuf dans le temps qui se traduit par une augmentation du volume avec un étirement de la coquille diminuant donc son

épaisseur. La baisse de la solidité de la coquille qui liée à la diminution de son épaisseur serait due non seulement à l'augmentation de la taille de l'œuf mais aussi aux modifications du métabolisme avec l'âge de la pondeuse (Nagarajan *et al.*, 1991). Selon ces auteurs ces modifications du métabolisme conduisent à une réduction de l'apport en minéraux précurseurs du carbonate de calcium réduisant donc l'épaisseur de la coquille. Par contre, Luquetti *et al.* (2004) n'ont observé aucune différence significative de l'épaisseur des coquilles après 30 jours d'expérimentation chez les poules âgées.

L'index de forme obtenu a donc permis de montrer la forme géométrique des œufs de pintades. Ainsi, en fonction des intervalles des index de forme déterminant la forme des œufs définis par Gendron et Blentz (1970), les œufs de pintades dans cette étude sont tous de forme ronde. Ce résultat corrobore ceux de Obike et Azu (2012) qui ont obtenu chez les pintades grises perles les œufs de forme ronde et chez les pintades noires les œufs de forme dite normale. Pourtant, chez les cailles les œufs sont allongés avec une diminution de l'indice de forme avec l'âge (Orhan *et al.*, 2001 ; Moula *et al.*, 2014). Tout ceci démontre que la forme des œufs est fonction de l'espèce d'oiseaux. Tous les paramètres physiques externes analysés n'ont pas été influencés significativement par l'effet des régimes. Cependant, le temps de distribution de l'aliment a influencé significativement les paramètres comme le poids de l'œuf, l'épaisseur de la coquille, la proportion de la coquille et la surface de l'œuf. Qu'en est-il de la qualité physique interne ?

2.4.1.2. Qualité physique interne des œufs

Les paramètres de qualité interne des œufs analysés ont concerné la proportion du blanc et du jaune, le diamètre du blanc et du jaune, la hauteur du blanc, la coloration du jaune et l'Unité Haugh. Pour analyser ces différents paramètres, deux œufs par cage soient 12 œufs par régime ont été utilisés. Pour une période donnée, il a été utilisé au total 36 œufs qui est la somme des œufs utilisés pour les trois régimes. Les valeurs moyennes obtenues par analyse de variance à deux facteurs (ANOVA 2) effectuées sur les données à partir du logiciel XLSTAT sont consignées dans le tableau XX.

Tous les paramètres analysés n'ont pas varié significativement en fonction des régimes. La valeur moyenne de la proportion du blanc et celle du jaune sont respectivement de 49,75 % et 32,27 %. Les diamètres moyens du blanc et du jaune sont respectivement de 59,48 mm et 35,09 mm. Le blanc épais des œufs a une moyenne de 6,35 mm. Selon l'échelle de roche, la valeur moyenne de la coloration du jaune est de 8,91. La fraîcheur des œufs qui est déterminée à partir de l'Unité Haugh est de 83,45. Avec la durée d'élevage, la proportion du blanc des œufs, le diamètre et la coloration du jaune ne varient pas significativement.

Tableau XX : Paramètres physiques internes des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes d'essai

Paramètres	Régimes				Périodes (jour)				Probabilité		
	RT	RE	RH	SEM	15	30	45	SEM	Régime	Période	Régime x Période
Proportion du blanc (%)	50,15	49,32	49,77	0,565	49,09	49,86	50,29	0,565	0,588	0,325	NS
Proportion du jaune (%)	31,85	32,37	32,60	0,463	33,43 ^a	31,27 ^b	32,11 ^b	0,463	0,506	0,007	NS
Diamètre du blanc (mm)	58,89	59,17	60,39	0,896	61,94 ^a	60,00 ^a	57,50 ^b	0,896	0,108	0,004	NS
Diamètre du jaune (mm)	34,86	35,28	35,14	0,493	34,58	35,11	35,58	0,493	0,832	0,366	NS
Hauteur du blanc (mm)	6,06	6,17	6,82	0,285	5,37 ^b	6,67 ^a	7,00 ^a	0,285	0,137	0,000	NS
Coloration du jaune	8,67	9,06	9,00	0,221	9,17	8,89	8,67	0,221	0,411	0,286	NS
Unité Haugh	81,13	82,76	86,47	1,790	77,78 ^b	85,39 ^a	87,21 ^a	1,830	0,111	0,020	NS

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ; NS= pas de différence significative (P>0,05)

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard

Cependant, on observe une baisse de la proportion du jaune et du diamètre du blanc avec une augmentation de la hauteur du blanc et de l'Unité Haugh.

Nos résultats confirment la notion classique énoncée par Terroine et Belin (1927) selon laquelle la qualité de l'aliment ne modifie pas les proportions du blanc et du jaune de l'œuf chez la volaille. Cette théorie est due au fait que la proportion occupée par ces constituants majeurs ainsi que le poids de l'œuf sont liés à la génétique de la volaille et donc à l'espèce. Cependant, la baisse de la proportion du jaune observée dans le temps confirme les résultats de Zita *et al.* (2013) qui avaient obtenu aussi une baisse de ce paramètre chez les cailles entre la 41^{ème} et la 49^{ème} semaine d'âge. Les œufs de la présente étude présentaient une couleur du jaune moins intense que les œufs dans l'étude de Bernacki *et al.* (2013). Mais dans le temps les résultats corroborent ceux de Hassan *et al.* (2013) qui ont observé aucune différence significative de la coloration du jaune après huit semaines de ponte chez la poule. En effet, plusieurs auteurs ont démontré que la coloration du jaune d'œuf est sous la dépendance de certains pigments contenus dans les plantes ou certains produits de synthèse. Il s'agit des xanthophylles (pigment des plantes ou de synthèse) et les caroténoïdes (canthaxanthine, citranaxanthine, apo ester carotène, lutéine, zéaxanthine, etc.) (Jacob *et al.*, 2000 ; Surai *et al.*, 2003 ; Steinberg, 2000). Plus une pondeuse consomme ces pigments à travers son alimentation, plus la coloration du jaune de ses œufs est plus intense. Mais, parmi ces deux pigments, les xanthophylles sont moins efficaces que les caroténoïdes comme la canthaxanthine qui est un puissant antioxydant capable d'améliorer considérablement la coloration du jaune jusqu'à atteindre la valeur de 12 selon l'échelle de Roche (Panhéleux, 1997). Ces pigments liposolubles sont transférés aux follicules par le même mécanisme des lipides (Larbier et Leclercq, 1992).

La fraîcheur de l'œuf représentée par l'Unité Haugh est déterminée par la hauteur du blanc. L'augmentation de la hauteur du blanc des œufs augmente l'Unité Haugh et donc la fraîcheur des œufs. Les résultats ont montré que l'Unité Haugh de tous les œufs était supérieure à 70. Selon Akouango (2014), nos œufs étaient très frais et donc d'excellente qualité. Nos résultats corroborent ceux de Wall *et al.* (2010). Ces auteurs ont montré que la fraîcheur de l'œuf augmente avec l'âge des pintades et non avec les régimes alimentaires. L'augmentation de la fraîcheur dans le temps dans cette étude a été observée également chez la poule par Akouango (2014) et Duru *et al.* (2017). Cependant, nos résultats sont contraires à ceux obtenus par Moula *et al.* (2014) chez les cailles et chez les poules avec Hassan *et al.* (2013). Ces derniers auteurs ont montré qu'il y avait plutôt une baisse de 1,5 à 2 unités par mois pendant la ponte chez les poules. Ce fait est lié au métabolisme de la pondeuse qui, avec l'âge se justifie par une réduction

d'eau dans le blanc d'œuf ce qui augmente éventuellement la matière sèche du blanc avec le temps.

En somme, les paramètres physiques internes analysés n'ont pas été affectés significativement par les régimes alimentaires. Cependant, le temps d'alimentation a permis d'observer des différences significatives des valeurs obtenues sur tous les paramètres en dehors de la proportion du blanc, du diamètre du jaune et de la coloration du jaune. Les nutriments contenus dans les œufs sont-ils sous la dépendance des régimes alimentaires ou du temps d'alimentation des pintades ?

2.4.2. Qualité nutritionnelle des œufs

Les paramètres nutritionnels ont été évalués sur le blanc et sur le jaune de l'œuf. Ces paramètres ont concerné la matière sèche, la matière minérale, le lipide brut, le cholestérol total, la protéine brute du blanc et du jaune, les minéraux du jaune et le profil en acides gras du jaune des œufs. Pour ces différents paramètres deux œufs par cage soient 12 œufs par régime ont été utilisés. Pour une période donnée, il a été utilisé au total 36 œufs qui est la somme des œufs utilisés pour les trois régimes. Les résultats obtenus après traitement statistique des différents paramètres en dehors du profil en acides gras sont inscrits dans le Tableau XXI. L'aliment n'a pas affecté significativement certains paramètres nutritionnels comme la matière minérale du jaune, la matière sèche et minérale du blanc. La matière minérale moyenne du jaune était de 2,05 %. La matière sèche moyenne du blanc était de 14,65 % et la matière minérale moyenne du blanc de 0,75 %. Cependant, d'autres paramètres comme le lipide brut par œuf, le cholestérol total par œuf, la protéine brute par œuf et les minéraux du jaune ont tous varié significativement en fonction des régimes alimentaires. A cet effet, les teneurs en lipide brut et en cholestérol total ont baissé significativement avec le régime RE respectivement de 8,08 % et de 15,62 %. Avec ce même régime, la protéine des œufs a augmenté de 3,27 % par rapport aux œufs du régime témoin. Les régimes supplémentés ont permis une augmentation de la teneur en protéine du jaune de 12,62 et 5,11 % respectivement pour les régimes RE et RH par rapport au régime témoin. Avec le temps de distribution de l'aliment, tous les paramètres ont été significativement affectés sauf les paramètres tels que la matière minérale du jaune, le lipide contenu dans un œuf, le cholestérol par œuf et la matière sèche du blanc. La matière sèche du jaune a connu une augmentation dans le temps et la protéine brute d'un œuf donné fluctue avec le temps. La teneur moyenne en lipide brut d'un œuf est de 9,32 g et celle du cholestérol est de 0,31 g avec la durée de distribution de l'aliment. Dans cette étude, la teneur en matière sèche du jaune d'œuf est plus élevée que celle obtenue par Dudusola (2010) et Bashir *et al.* (2014).

Tableau XXI : Composition nutritionnelle des œufs de pintades des différents régimes pendant les trois périodes d'essai

Paramètres	Régimes			SEM	Périodes (jour)			SEM	Probabilité		
	RT	RE	RH		15	30	45		Régime	Période	Régime x Période
Composition du Jaune (%)											
Matière sèche	52,61 ^b	52,59 ^b	53,67 ^a	0,216	52,20 ^b	53,28 ^a	53,39 ^a	0,216	0,003	0,002	NS
Matière minérale	2,22	1,97	1,96	0,109	2,03	1,94	2,18	0,109	0,189	0,325	NS
Lipide brut	29,56 ^a	27,17 ^b	29,92 ^a	0,233	28,33 ^b	30,00 ^a	28,31 ^b	0,233	<0,001	<0,001	NS
Cholestérol par œuf (g)	0,32 ^a	0,27 ^b	0,31 ^a	0,012	0,30	0,32	0,31	0,126	<0,001	0,298	NS
Protéine	20,76 ^b	23,38 ^a	21,82 ^b	0,058	21,86 ^b	21,02 ^a	22,88 ^c	0,058	<0,001	<0,001	NS
Protéine par œuf (g)	14,06 ^b	14,52 ^a	14,03 ^b	0,324	14,27 ^a	13,81 ^b	14,52 ^a	0,322	0,024	0,020	NS
Lipide par œuf (g)	9,41 ^a	8,79 ^b	9,76 ^a	0,376	9,49	9,38	9,08	0,394	0,043	0,061	NS
Calcium	1,30 ^a	0,98 ^b	1,08 ^c	0,012	1,31 ^c	1,10 ^b	0,95 ^a	0,012	<0,001	<0,001	NS
Phosphore	0,79 ^a	0,90 ^c	0,84 ^b	0,014	0,78 ^a	0,83 ^b	0,92 ^c	0,008	<0,001	<0,001	NS
Composition du blanc (%)											
Matière sèche	15,10	14,39	14,46	0,236	14,44	14,73	14,77	0,236	0,090	0,574	NS
Matière minérale	0,75	0,74	0,75	0,008	0,72 ^a	0,78 ^b	0,74 ^a	0,006	0,310	<0,001	NS
Protéine brute	13,66 ^a	13,25 ^c	13,04 ^b	0,017	13,22 ^a	13,36 ^b	13,37 ^b	0,017	<0,001	<0,001	NS

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ; NS= pas de différence significative (P>0,05). ^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètres suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard

Quant à la teneur en matière minérale, elle corrobore celle de ces auteurs. Selon Colas *et al.* (1979), la variation de la matière sèche serait fonction de la composition azotée de l'aliment consommé par la pondeuse. Ainsi, la matière sèche du jaune augmenterait avec la teneur en protéine du régime. La diminution de la teneur en lipide brut dans les œufs des pintades du régime RE concorde avec les résultats de Holt *et al.* (2011). Selon ces auteurs, les régimes alimentaires ont un impact direct sur la teneur en lipides des œufs.

Ils ont montré que le corps gras contenu dans les tissus des animaux a une composition qui est modulée par la classe d'acides gras contenue dans l'aliment (Newman *et al.*, 2002). Par contre, selon Hermier (1997), il est impossible de modifier la teneur du lipide total du jaune de l'œuf à travers l'alimentation de la pondeuse. Selon, Colas *et al.* (1979), la teneur en protéine dans le jaune d'œuf est fonction de la composition azotée de l'aliment consommé par la pondeuse. Par exemple, les protéines dans le tourteau de soja paraissent relativement bien équilibrées que les protéines de l'arachide qui sont pauvres en acides aminés indispensables et très déséquilibrées (Colas *et al.*, 1979). L'hypothèse que nous émettons dans cette étude d'autant plus que les régimes étaient isoprotéiques, cette augmentation de la teneur en protéine des œufs issus des régimes supplémentés serait liée à la quantité de la protéine contenue dans ces régimes. La baisse du taux de cholestérol dans les œufs issus du régime RE démontrerait un effet hypocholestérolémiant de ce régime selon les travaux effectués par Kouassi *et al.* (2017). Nos résultats concordent avec ceux de Kouakou *et al.* (2015) qui ont obtenu avec une supplémentation de l'aliment industriel de 15 % de graines d'*Euphorbia heterophylla* une réduction de 18 % du cholestérol total dans le jaune d'œuf de la poule. Selon Kouassi *et al.* (2017), cette baisse de cholestérol serait liée à l'effet des AGPI oméga-3 contenus dans les graines d'*Euphorbia heterophylla*, plus particulièrement avec l'acide éicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahéxanoïque (DHA). En effet, ces acides gras oméga-3 à chaîne plus longue permettent de réduire la production des lipoprotéines à très basse densité ou VLDL (Very Low Density Lipoprotein) par le foie (Nestel *et al.*, 1984). Les AGPI oméga-3 vont permettre également la suppression de l'expression des SREBP-1 (Sterol Response Element Binding Proteins) qui sont des régulateurs clés du métabolisme des lipides et du cholestérol. Cette action induit une diminution de la lipogenèse et de la sécrétion des VLDL qui sont les principaux transporteurs du cholestérol sanguin (Xu *et al.*, 1999).

Le profil en acides gras a été déterminé sur le jaune d'œufs lyophilisés. Les valeurs obtenues ont été exprimées en pourcentage des acides gras totaux (AGT) contenus dans 100 g du jaune d'œuf. Tous les résultats issus de l'analyse des données obtenues par le profil sont

consignés dans les tableaux XXII, XXIII et XXIV. L'acide α -linoléique (ALA) (C18 :3 n-3), acide gras essentiel, est le précurseur de l'acide éicosapentaénoïque (EPA) (C20 :5 n-3) et de l'acide docosahexaénoïque (DHA) (C22 :6 n-3). La proportion d'acides gras saturés (AGS) dans les œufs qui ne diffère pas significativement avec les régimes est en moyenne 42,24 %. Par contre, les acides gras mono-insaturés et les acides insaturés dans les œufs varient significativement avec les régimes alimentaires. Les proportions d'acides gras monoinsaturés (AGMI) étaient plus élevées dans les œufs de pintades nourries avec les régimes supplémentés. La proportion en AGPI oméga-6 a été réduite de 11,67 % dans les œufs issus du régime RE par rapport aux œufs du témoin. La teneur en acides gras oméga-3 des œufs des régimes supplémentés a été multipliée de 2,45 et de 1,75 respectivement pour les œufs des régimes RE et RH. L'enrichissement des œufs est déterminé par le rapport AGPI n-6/ AGPI n-3. Les résultats montrent que les œufs des régimes supplémentés sont enrichis de 2,62 et de 1,66 fois respectivement pour les régimes RE et RH par rapport aux du régime témoin. Le temps de distribution des aliments n'a pas affecté significativement la teneur en AGS, en AGPI, oméga-3 et l'enrichissement des œufs. La teneur moyenne en AGPI, oméga-3 dans l'œuf est de 3,68 %. L'enrichissement moyen des œufs défini par le rapport AGPI n-6/ AGPI n-3 est de 5,20. Dans le temps d'alimentation, on obtient une baisse de la teneur des AGPI contre une augmentation des AGPI, oméga-6.

Dans cette étude, les œufs du régime RE ont enregistré un ratio (n-6/n-3) de 3,37 inférieur à 5 qui est la valeur limite conseillée au dessous de laquelle un produit est enrichi en oméga-3 (ANSES, 2011). Ce qui veut dire que les œufs issus des régimes RE étaient enrichis et dans une moindre mesure les œufs issus du régime RH dont le rapport n-6/n-3 est de 5,44. Cet enrichissement obtenu est lié à l'enrichissement de l'aliment consommé par l'animal (Milinsk *et al.*, 2003 ; Kouba et Mourot, 2011). Selon ces auteurs, chez les monogastriques comme la pintade par exemple, la composition des acides gras stockés dans les tissus reflète largement celle des lipides ingérés par l'animal. Selon Bailey (2013), les femelles des volailles intègrent bien les AGPI n-3 provenant de leur alimentation dans leurs jaunes d'œufs puisqu'il a observé une diminution significative des ratios n-6/n-3 dans tous les traitements, quel que soit l'âge du troupeau. Ce changement apparaît dès les deux premières semaines d'alimentation. Le remplacement des AGPI n-6 par les n-3 est cependant plus marqué pour les œufs provenant du jeune troupeau, suggérant une plus grande résistance chez les femelles âgées à synthétiser des n-3 à longues chaînes à partir de leur précurseur.

Tableau XXII : Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux)

Paramètres	Régimes			SEM	Périodes (jour)			SEM	Probabilité		
	RT	RE	RH		15	30	45		Régime	Période	Régime x Période
Laurique (C12:0)	0,08	0,07	0,08	0,027	0,06	0,07	0,08	0,025	0,055	0,051	NS
Myristique (C14:0)	1,51	1,26	1,24	0,274	1,25	1,31	1,33	0,276	0,060	0,057	NS
Myristoléique (C14:1)(n-5, cis-9)	0,09	0,11	0,08	0,026	0,09	0,09	0,10	0,028	0,054	0,067	NS
Pentadécanoïque (C15:0)	0,13	0,11	0,12	0,048	0,12	0,12	0,13	0,045	0,083	0,076	NS
Palmitique (C16:0)	26,60	26,92	25,98	0,920	26,54	26,25	26,76	0,817	0,052	0,053	NS
Hexadécanoïque (C16:1)(n-9, cis-9))	0,57	0,51	0,52	0,072	0,59	0,51	0,50	0,086	0,075	0,059	NS
Palmitoléique (C16:1)(n-7 , cis-9)	1,54	1,61	1,41	0,204	1,66	1,45	1,39	0,271	0,058	0,067	NS
Stéarique(C18:0)	14,27	13,78	14,27	0,595	13,95	14,62	13,89	0,734	0,064	0,053	NS
Oléique (C18:1)(n-9, cis-9)	31,77	31,58	30,93	0,852	32,42 ^a	31,00 ^b	30,81 ^b	0,813	0,068	0,045	NS
Vaccénique (C18:1)(n-7, trans-9)	1,09	1,02	1,05	0,137	1,07	1,10	0,97	0,139	0,061	0,054	NS
Linoléique (C18:2)(n-6, cis-9,12 ;LA)	16,70 ^b	15,30 ^c	17,73 ^a	0,553	15,94 ^a	16,47 ^a	17,41 ^b	0,533	<0,001	0,040	NS
γ-linolénique (C18:3)(n-6, cis-6,9,12)	0,16	0,16	0,15	0,067	0,16	0,15	0,16	0,062	0,067	0,058	NS
α-linolénique (C18:3)(n-3, cis-6,9,12)	0,47 ^c	2,01 ^a	1,43 ^b	0,198	1,21	1,25	1,44	0,221	0,021	0,065	NS

Tableau XXIII : Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux) (suite 1)

Paramètres	Régimes				Périodes (jour)				Probabilité		
	RT	RE	RH	SEM	15	30	45	SEM	Régime	Période	Régime
											x
											Période
Arachidique (C20:0)	0,07	0,10	0,13	0,060	0,03 ^a	0,15 ^b	0,13 ^b	0,067	0,082	0,037	NS
Gadoléique (C20:1)(n-9, cis-11)	0,20	0,18	0,21	0,046	0,21	0,19	0,20	0,047	0,056	0,064	NS
Eicosadiénoïque (C20:2)(n-6, cis-11,14)	0,15	0,16	0,18	0,027	0,16	0,16	0,15	0,028	0,059	0,075	NS
Homo-g-linoléique (C20:3)(n-6, cis-8,11,14)	0,23	0,24	0,27	0,150	0,25	0,29	0,20	0,147	0,051	0,061	NS
Arachidonique (C20:4)(n-6, cis-5,8,11,14)	2,01	1,50	1,74	0,532	1,67	1,99	1,58	0,492	0,006	0,017	NS
Eicosatriénoïque (C20:3) (n-3, cis-11,14,17)	0,00 ^b	0,06 ^a	0,05 ^a	0,031	0,03	0,04	0,04	0,029	0,049	0,052	NS
Eicosapentaénoïque (C20:5)(n-3, cis-5,8,11,14,17) (EPA)	0,06	0,13	0,09	0,071	0,06	0,11	0,10	0,054	0,052	0,058	NS
Docosatétraénoïque (C22:4)(n-6, cis-7,10,13,16)	0,13 ^a	0,05 ^b	0,02 ^b	0,032	0,03 ^b	0,10 ^a	0,05 ^b	0,028	0,033	0,037	NS
Docosapentaénoïque (C22:5)(n-6, cis-4,7,10,13,16)	0,41 ^a	0,08 ^b	0,10 ^b	0,025	0,21	0,20	0,18	0,026	0,042	0,053	NS
Docosapentaénoïque :C22:5 (n-3, cis-7,10,13,16,19) (DPA)	0,06	0,21	0,12	0,092	0,13	0,15	0,18	0,096	0,055	0,075	NS

Tableau XXIV: Profil en acides gras du jaune des œufs (% des acides gras totaux) (suite 2)

Paramètres	Régimes				Périodes (jour)				Probabilité		
	RT	RE	RH	SEM	15	30	45	SEM	Régime	Période	Régime x Période
Docosahexaénoïque (C22:6 n-3) (DHA)	1,52 ^c	2,75 ^a	2,00 ^b	0,146	2,01	2,11	2,16	0,148	0,002	0,061	NS
Σ AGS	42,66	42,24	41,82	0,845	41,93	42,52	42,32	0,620	0,052	0,059	NS
Σ AGMI	35,31 ^a	35,03 ^a	34,23 ^b	0,450	36,14 ^a	34,38 ^b	33,94 ^b	0,445	0,046	0,042	NS
Σ AGPI	22,03 ^b	22,73 ^b	23,95 ^a	0,703	21,93 ^b	23,10 ^a	23,71 ^a	0,614	0,036	0,028	NS
Σ AGPI n-6	19,70 ^b	17,40 ^a	20,08 ^b	0,375	18,33 ^a	19,27 ^b	19,64 ^b	0,371	0,006	0,005	NS
Σ AGPI n-3	2,11 ^c	5,17 ^a	3,69 ^b	0,515	3,44	3,66	3,93	0,501	0,002	0,069	NS
Σ AGPI/ Σ AGS	0,24 ^a	0,41 ^b	0,46 ^b	0,105	0,41	0,42	0,45	0,600	0,012	0,200	NS
Σ AGPI n-6/ Σ AGPI n-3	9,04 ^a	3,37 ^b	5,44 ^c	0,328	5,33	5,27	5,00	0,335	0,002	0,053	NS
C18 :n-6/C18 :3n-3 (AL/ALA)	35,50 ^a	7,61 ^c	12,40 ^b	3,870	13,08 ^b	13,16 ^b	12,06 ^a	0,300	0,021	0,017	NS

RT = régime témoin ; RE = régime témoin supplémenté de 5 % de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ; RH = régime témoin supplémenté de 5 % du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ; NS= pas de différence significative (P>0,05)

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard, AGS= Acide gras saturé, ΣAGMI= Somme des acides gras mono-insaturés, Σ AGPI= Somme des acides gras polyinsaturés, Σ AGPI n-6= Somme des acides gras polyinsaturés oméga-6, Σ AGPI n-3= Somme des acides gras polyinsaturés oméga-3 ; Σ AGPI/ Σ AGS= (C18 :2n-6+C18 :3n-3) / (C14 :0+C16 :0+C18 :0) (Kouba *et al.*, 2003)

Il est toujours plus nécessaire d'enrichir les œufs en AGPI oméga-3 que d'autres produits animaux car le consommateur multiplierait la quantité d'AGPI oméga-3 à ingérer par 20 jusqu'à 40. Or, avec la cuisse de poulet et du faux filet de bœuf enrichis le consommateur multiplierait la quantité d'AGPI oméga-3 à ingérer seulement que par 9,5 et 2 respectivement (Bourre, 2004a). Aussi, la physiologie digestive des oiseaux préserve relativement bien les acides gras polyinsaturés qu'ils consomment (Bourre, 2005a). C'est pourquoi les volailles sont considérées comme un meilleur moyen pour modifier favorablement le statut nutritionnel en oméga-3 (Van Elswyk *et al.*, 1998). En plus de leurs propriétés nutritionnelles, les œufs enrichis en acides gras n-3 doivent être d'une qualité sensorielle acceptable pour obtenir l'approbation du consommateur.

2.4.3. Qualité organoleptique

Pour le test sensoriel, trois œufs par cage soient 18 œufs par régime ont été utilisés. Pour une période donnée, il a été utilisé au total 54 œufs qui est la somme des œufs utilisés pour les trois régimes. Les données obtenues ont subi une analyse de variance pour chaque caractère sensoriel (descripteur) en fonction des régimes et de la période de distribution de l'aliment. Enfin, une étude de régression des moindres carrés partiels a été élaborée entre chaque caractère sensoriel et les paramètres nutritionnels des œufs en vue d'établir une corrélation entre le choix du descripteur et les paramètres nutritionnels de l'œuf.

2.4.3.1. Choix des caractères sensoriels en fonction des régimes et du temps d'alimentation

Les scores moyens obtenus par la normalisation des notes du jury sur 10 points pour chaque caractère sensoriel sont enregistrés dans le Tableau XXV. Les résultats sont donnés en fonction des deux facteurs que sont le régime et la période de distribution des aliments.

Dans cette étude, le régime alimentaire n'a pas influencé certains caractères sensoriels tels que la texture, le goût et la préférence des dégustateurs. Les scores moyens de ces paramètres sont de 3,43 ; 6,10 et 6,22 respectivement pour la texture, le goût et la préférence. Cependant, au niveau de l'odeur, le jury a enregistré une forte odeur d'œuf pour les œufs issus du régime RE par rapport à ceux du témoin. Ce même régime a permis d'avoir selon le jury, une forte intensité de coloration du jaune d'œuf par rapport aux œufs du témoin. Tous ces paramètres sensoriels ont tous variés significativement dans le temps de consommation en fonction des périodes de distribution des régimes. Ainsi, la texture, le goût et la préférence ont fluctué dans le temps.

Tableau XXV : Test organoleptique (n=18)

Paramètres	Régimes			SEM	Périodes (jour)			SEM	Probabilité		
	RT	RE	RH		15	30	45		Régime	Période	Régime x Période
Texture	3,55	3,39	3,36	0,113	2,08 ^c	4,47 ^a	4,02 ^b	0,106	0,339	<0,001	NS
Goût	6,07	6,08	6,16	0,119	5,21 ^c	6,75 ^a	6,34 ^b	0,111	0,856	<0,001	NS
Odeur	3,64 ^b	3,89 ^a	3,44 ^b	0,101	4,67 ^a	3,03 ^b	3,21 ^b	0,094	0,025	<0,001	NS
Couleur du jaune	6,95 ^b	7,65 ^a	6,89 ^b	0,077	6,69 ^b	7,42 ^a	7,39 ^a	0,072	<0,001	<0,001	NS
Préférence	6,11	6,35	6,21	0,120	6,73 ^a	5,53 ^b	6,41 ^a	0,112	0,359	<0,001	NS

RT= régime témoin ; RE= régime supplémenté de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla*. ; RH= régime supplémenté du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* ;

NS= pas de différence significative ($P>0,05$) ; n= nombre de dégustateurs

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P>0,05$) ; SEM= erreur standard

L'odeur d'œuf ressentie par le jury a baissé d'intensité dans le temps bien que l'intensité de coloration augmentait. Les dégustateurs n'ont trouvé aucune différence significative concernant leur préférence pour les œufs issus des jours 15 et 45.

Les résultats de préférence obtenus au niveau des régimes corroborent ceux de Hayat *et al.* (2010) qui ont constaté que l'acceptation des œufs durs de poule par les consommateurs n'était pas différente entre les œufs témoins et les œufs issus du régime supplémenté de 10 % de graines de lin. Selon ces auteurs, les consommateurs ne peuvent pas détecter une différence de saveur des œufs durs. Ils ont donc émis l'hypothèse que c'est le mode de cuisson (Œuf dur) qui empêche la différenciation entre les œufs. L'intensité de coloration du jaune d'œuf décrite par le jury concorde avec les résultats de l'INRA (2013) qui avait démontré que l'intensité de la couleur du jaune serait linéaire à l'enrichissement des œufs en acides gras oméga-3. Par contre, selon Petrović *et al.* (2016), une variation de la teneur en acides gras oméga-3 dans les œufs ne change pas les caractéristiques sensorielles. Les résultats de préférence aux différentes périodes corroborent ceux de Vickers et Holton (1998) qui ont montré que lors d'une exposition ponctuelle à un produit, les consommateurs ont tendance à se diriger vers les produits ayant les plus fortes caractéristiques sensorielles. A cet effet, il faut retenir que les œufs des jours 15 et 45 qui ont été préférés avaient les plus fortes caractéristiques sensorielles. Pour Simopoulos et Robinson (1998), la richesse d'un aliment en acide gras linoléique ($\omega 6$) augmenterait la palatabilité par rapport à sa richesse en acide gras oméga-3 chez l'homme. C'est-à-dire, plus un aliment est riche en acide gras oméga-3 moins il est préféré, par contre, plus un aliment est riche en acide gras oméga-6, plus les consommateurs le préfèrent.

2.4.3.2. Corrélation entre les caractères sensoriels et la composition nutritionnelle des œufs

La matrice de corrélation a été obtenue par une analyse de régression des moindres carrés partiels (PLS). Les résultats des caractères sensoriels ayant une bonne corrélation avec les paramètres explicatifs sont présentés. En effet, la régression des moindres carrés partiels est une méthode multivariée qui permet de relier la variation d'une variable (PLSR1) ou de plusieurs variables de réponse (PLSR2) à la variation de plusieurs prédicteurs à des fins explicatives ou prévisionnelles (Gallardo-Escamilla *et al.*, 2005). Les résultats du modèle de régression sont présentés par des figures.

2.4.3.2.1. Préférence

Le coefficient de corrélation du modèle ($R^2 = 0,76$) a montré que le PLSR1 prédisait très bien la préférence des œufs. Les résultats du PLS ont montré que 50,01 % des nutriments des œufs des deux premiers composants principaux expliqueraient 75,66 % la préférence des consommateurs. La préférence est positivement corrélée à 63,93 % avec la protéine du jaune c'est-à-dire 63,93 % des consommateurs préféreraient les œufs en fonction de sa teneur en protéine. Plus un œuf est riche en protéine, plus il est préféré par les consommateurs. La préférence est par contre négativement corrélée à 60,28 % avec la teneur en lipide brut du jaune. Cette dernière approche signifie que les œufs les plus préférés contiendraient moins de lipide (Figure 17).

2.4.3.2.2. Texture

Le coefficient de corrélation du modèle ($R^2 = 0,99$) a montré que le PLSR1 prédisait très bien la texture des œufs. Les résultats du PLS ont montré que 49,86 % des nutriments des 2 premiers composants principaux expliqueraient 86,27 % la texture des œufs. Les résultats montrent que la texture est positivement corrélée à 50,27 % avec le phosphore contenu dans le jaune. La texture serait donc liée aux minéraux de l'œuf (Figure 18).

2.4.3.3. Corrélation entre les caractères sensoriels et les nutriments des œufs en fonction des régimes pendant les périodes d'alimentation

Les résultats du PLS ont montré que 50,65 % des nutriments déterminés en fonction des régimes et en fonction du temps des 2 premiers composants principaux expliqueraient 61,91 % des caractères sensoriels des œufs évalués par les consommateurs (Figure 19). Cette synthèse a montré que la préférence des œufs est plus corrélée à la protéine du jaune. A cet effet, les œufs issus du régime Euphorbia pendant les périodes 15 et 45 jours ont été préférés par rapport aux œufs de la période de 30 jours. De même, la teneur en protéine du jaune des œufs obtenue sous le régime Euphorbia (RE) était plus élevée et différait significativement de celle des deux autres régimes. Lorsque la préférence est liée au phosphore, les œufs les plus préférés sont ceux du régime témoin aux 15 et 45 jours ainsi que ceux du régime hévéa du 15^{ème} jour. Les analyses des minéraux ont montré que ces deux régimes contenaient les plus faibles taux de phosphore. Ce qui veut dire que les œufs sont plus préférés quand il y a moins de phosphore. La PLSR1 a montré que les plus pertinents des caractères évalués en fonction de la composition nutritionnelle des œufs étaient la préférence et la texture de l'œuf.

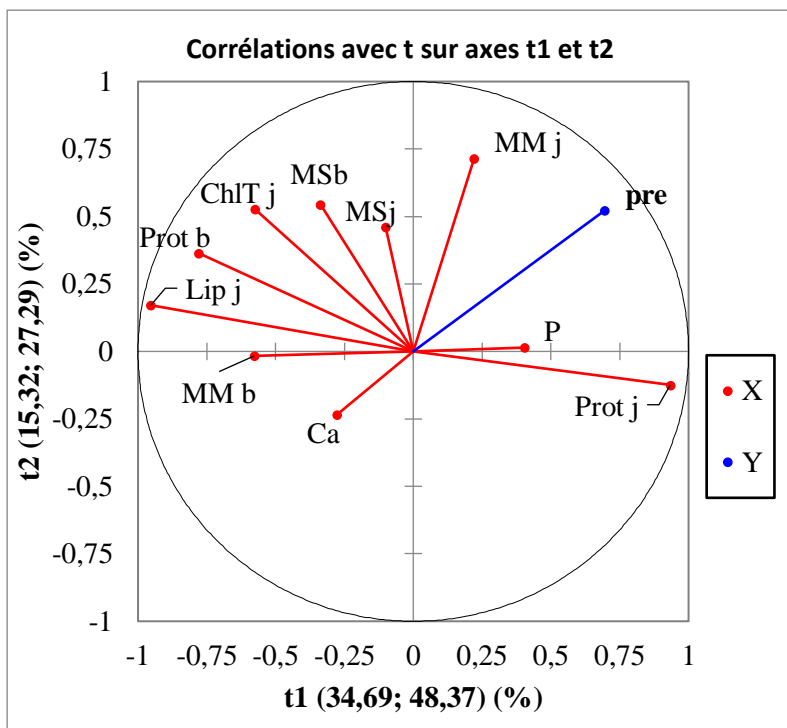


Figure 17 : Corrélation entre préférence et la composition nutritionnelle des œufs

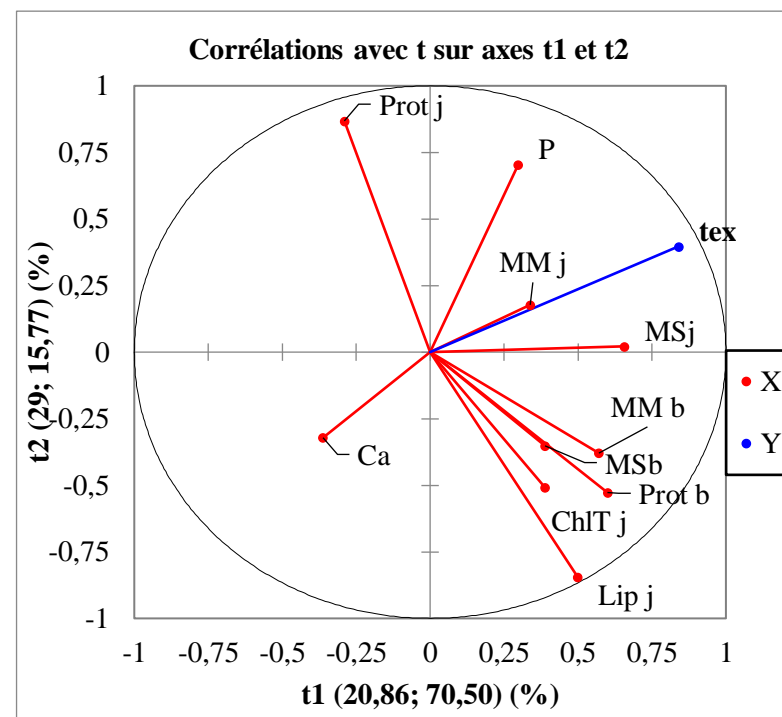


Figure 18 : Corrélation entre la texture et la composition nutritionnelle des œufs

Pre= préférence ; MMj= matière minérale du jaune ; MSj= matière sèche du jaune ; ChITj= cholestérol total du jaune ; MSb= matière sèche du blanc ; Protb= protéine du blanc ; Lipj= lipide du jaune ; MMb= matière minérale du blanc ; Ca= calcium du jaune ; P= phosphore du jaune ; Protj= protéine du jaune ; tex= texture

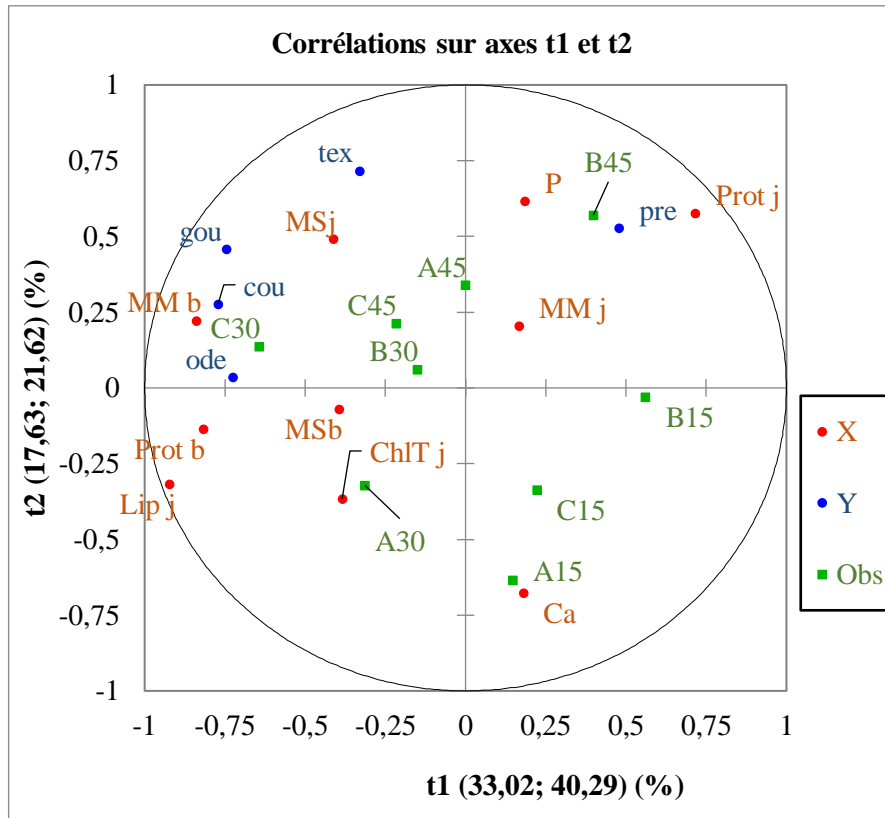


Figure 19 : Corrélation entre caractères sensoriels et les œufs des régimes dans le temps

Cou= couleur ; MMj= matière minérale du jaune ; MSj= matière sèche du jaune ; ChlTj= cholestérol total du jaune ; MSb= matière sèche du blanc ; Protb= protéine du blanc ; Lipj= lipide du jaune ; MMb= matière minérale du blanc ; Ca= calcium du jaune ; P= phosphore du jaune ; Protj= protéine du jaune ; Tex= texture ; Ode=odeur ; Gou= goût ; Pre= préférence ; A= œuf du régime témoin ; B= œuf du régime Euphorbia ; C= œuf du régime hévéa ; 15= période 15 jours ; 30= période 30 jours ; 45= période 45 jours

Il est généralement admis que les protéines n'ont pas de goût particulier, mais qu'elles contribuent indirectement à la flaveur par des sensations tactiles (Solms, 1969). Les acides aminés libres et les petits peptides, composants des protéines auraient une importance primordiale dans la flaveur (Bugaud, 2001). Ils contribuent directement ou indirectement (en tant que des précurseurs) au goût. Les acides isobutyriques et isovalériques, issus du métabolisme des acides aminés, et qui sont associés à l'arôme « acide butyrique » auraient contribué aussi à l'intensité et à la richesse des arômes et des odeurs. Les variations des sensations de gras sont responsables des variations de préférence des produits qui sont bien hétérogènes dans la population (Schlich *et al.*, 2010). Les travaux récents de Martin *et al.* (2010) indiquent que la gustation joue également un rôle non négligeable dans la préférence spontanée pour les lipides. Ces lipides alimentaires sont très majoritairement composés de triglycérides. Les acides gras à longue chaîne (AGLC) (nombre de carbones ≥ 16) sont perçus comme des molécules sapides. La perception gustative des lipides est donc générée par l'interaction d'un AGLC avec un lipidorécepteur spécifique porté par les papilles gustatives (Martin *et al.*, 2010).

2.5.Effets des régimes alimentaires sur le coût de production des œufs

Le coût de production des œufs a été déterminé en fonction des régimes (Tableau XXVI). Cette partie économique a concerné, la consommation d'aliment, le coût de l'aliment consommé, le nombre d'œufs produits par une pintade par jour et le coût de production d'un œuf. La quantité d'aliment consommée n'a pas varié significativement en fonction des régimes alimentaires. Une pintade a donc consommé en moyenne par jour 100,34 g d'aliments. Le coût d'un kg de RE est 1,92 fois plus cher qu'un kg de RT ou RH. Cependant, les pintades sous ce régime RE produisent plus d'œufs par rapport aux pintades issues des autres régimes. Par contre, ce régime RE augmentait la production d'un œuf de 48 % par rapport à un œuf produit au niveau du régime témoin. Quant au régime RH, il a permis d'avoir une réduction de 12 % sur le coût de production de l'œuf par rapport à un œuf du témoin. La supplémentation peut augmenter ou baisser le coût de production de l'œuf.

Tableau XXVI : Coût de production d'un œuf

Paramètres économiques	Régimes			SEM	P-value
	RT	RE	RH		
Consommation journalière moyenne par pintade (g)	100,31	100,53	100,17	0,193	0,422
Coût d'un kg de régime (FCFA)	260	500	260		
Taux de ponte moyen (%)	32,47 ^c	43,95 ^a	38,52 ^b	1,834	<0,001
Nombre d'œufs par pintade par jour	0,32 ^c	0,44 ^a	0,38 ^b	1,834	<0,001
Coût de production d'un œuf (FCFA)	100 ^b	148 ^a	88 ^b	8,889	<0,001

RT= régime témoin ; RE= régime supplémenté de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla*. ; RH= régime supplémenté du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*

^{a-c} les moyennes de la même ligne du même paramètre suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05) ; SEM= erreur standard

Conclusion partielle

L'étude expérimentale a été effectuée en 45 jours structurée en trois grandes périodes avec trois régimes alimentaires. Les régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques. Les régimes supplémentés étaient riches en acides gras oméga-3 par rapport au régime témoin. Les variations des paramètres mesurés étaient sous la dépendance des régimes d'une part et du temps de distribution d'autre part. Les régimes supplémentés ont permis une amélioration significative des paramètres de performances des pintades. Cependant, le taux de ponte diminuait avec le temps de distribution de l'aliment. Les paramètres sanguins ont montré que les régimes n'étaient pas toxiques pour les pintades. Les paramètres de la qualité physique externe et interne des œufs ont été influencés que par le temps de distribution de l'aliment. Le contenu nutritionnel des œufs a été influencé par la composition nutritionnelle de l'aliment de la pondeuse. Aussi, le métabolisme du système digestif et la structure de l'organisme avec les besoins qui varient avec l'âge, font que le temps de distribution de l'aliment a engendré des fluctuations pour certains paramètres nutritionnels. L'enrichissement a été plus significatif en fonction des régimes après un temps d'alimentation de 15 jours. Les régimes n'ont pas influencé le choix des consommateurs, mais la préférence des consommateurs dépendait du temps de déroulement du test sensoriel. Les œufs issus du régime Euphorbia ont été plus enrichis que ceux des autres régimes, mais le coût de production de l'œuf issu du régime hévéa revenait moins cher au producteur.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude avait pour objectif d'améliorer la qualité des œufs des pintades qui sont produits en système d'élevage amélioré à partir d'un l'aliment commercial supplémenté par la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* ou de tourteau de graines d'*Hevea brasiliensis*. Bien avant la phase expérimentale, une enquête a été menée pour faire un diagnostic sur la production des œufs de pintades et sur sa commercialisation. L'enquête a révélé que la méléagriculture est pratiquée en Côte d'Ivoire par les jeunes Ivoiriens qui financent leur propre activité. C'est un secteur qui est encore dans l'informel avec 62,88 % des enquêtés qui font de l'élevage en divagation et seulement 18,56 % réservés à l'élevage intensif. Le nombre d'œufs produits se situe entre 100 et 150 par pintade par an. La saison des pluies est la période favorable pour avoir les œufs. La production des œufs est très faible et l'unité d'œuf est vendu à 200 FCFA dans les fermes avec les producteurs ou dans les grands marchés chez les vendeurs de volailles. Vue l'importance de la méléagriculture dans le monde avicole, il serait nécessaire de disposer d'un aliment type pintade. Il faudrait que l'Etat ivoirien encourage la jeunesse par la formation et le financement des projets d'élevage des pintades.

La qualité des œufs des pintades élevées en système d'élevage intensif avec des régimes isoprotéiques et isoénergétiques a été évaluée en fonction des régimes d'une part et du temps de distribution de l'aliment d'autre part. Les paramètres de la qualité physique externe et interne des œufs n'ont été influencés que par le temps de distribution de l'aliment. Le poids des œufs et l'Unité Haugh augmentaient avec le temps d'alimentation, tandis que l'épaisseur de la coquille diminuait. La qualité nutritionnelle a été évaluée sur plusieurs paramètres. Le régime alimentaire fait plus varier ces paramètres par rapport au temps d'alimentation. A cet effet, le régime *Euphorbia* (RE) dont l'effet a été significativement différent des deux autres, a permis d'obtenir une baisse du taux de lipide et du cholestérol avec une augmentation de la protéine du jaune d'œuf. Les acides gras monoinsaturés et polyinsaturés ont varié significativement en fonction de l'aliment. Une baisse des acides gras monoinsaturés et une augmentation des acides gras polyinsaturés ont été observées au cours du temps d'alimentation.

Toutes les variations subies par les œufs à partir des régimes n'ont pas modifié significativement la préférence des consommateurs. Mais, les œufs du jour 15 et du jour 45 ont été plus préférés par les consommateurs par rapport aux œufs de la période du jour 30. En somme, il est possible d'améliorer la qualité des œufs de pintades par la supplémentation des ressources locales non conventionnelles telles que les graines d'*Euphorbia heterophylla* et celles d'*Hevea brasiliensis*. Aussi le temps de distribution de l'aliment pourrait induire une

variation de la qualité des œufs. Il est possible d'améliorer la qualité des œufs en 15 jours d'alimentation. Il serait nécessaire de :

- ❖ encourager, former les jeunes et mettre à leur disposition un fond pour développer la mélagriculture,
- ❖ augmenter le taux d'incorporation du tourteau des graines d'hévéa pour optimiser la qualité des œufs et réduire davantage le coût de production des œufs,
- ❖ introduire la farine des graines d'hévéa pour mesurer l'incidence de l'huile sur la qualité des œufs,
- ❖ évaluer les facteurs antinutritionnels des graines d'Euphorbe et d'hévéa,
- ❖ trouver une méthode facilitant la récolte des graines d'*Euphorbia heterophylla* et introduire dans l'alimentation animale en plus des graines les gousses,
- ❖ trouver une méthode pour faciliter le concassage des graines d'*Hevea brasiliensis* et déterminer la température idéale de séchage des graines d'hévéa.
- ❖ rechercher d'autres ressources locales non conventionnelles riches en AGPI oméga-3.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abatunde G. M. & Pond W. G. (1987). Nutritive value of rubber seed *Hevea brasiliensis* meal versus soybean meal as source of protein in semipurified diets for rats, *Nutrition Reports International*, **4** (36): 857-865.
- Aboua F., Konan K., Kossa A. & Kamenan A. (1989). Evolution des teneurs d'acide cyanhydrique et d'acide oxalique au cours de la transformation du manioc en attiéké. *Agronomie africaine*, **1** (2): 117-122.
- Achinewhu S. C. (1986). Unconventional sources of food: Chemical composition of rubber seed (*Hevea brasiliensis*). *Food Chemistry*, **21** (1): 17-25.
- Afolayan M. O. & Afolayan M. (2008). Nigeria Oriented Poultry Feed Formulation Software Requirements. *Journal of Applied Sciences Research*, **4** (11): 1596-1602.
- AFSSA (2007). Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. « Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations », 461 p.
- Agwunobi L. N. & Ekpenyong T. E. (2006). Nutritive et economic value of guinea fowl (*Numida meleagris*) production in developing countries. *Journal Sciences Food Agriculture*, **52**: 301-308.
- Ahaotu E. (2018). Nutritional evaluation of rubber seed meal with blood meal in broiler rations. *International Journal of Animal Science*. **2** (3): 1026 p.
- Aigbodion A. I. & Bakare I. O. (2005). Rubber seed oil quality assessment and authentication. *Journal of American Oil Chemical Society*, **82**, 465-469. Doi: 10.1007/s11746-005-1095-0
- Aigbodion A. I. & Pillai C. K. S. (2000). Preparation, analysis and applications of rubber seed oil and its derivatives in surface coatings. *Progress in organic coating*, **38** : 187-192.
- Akouango P. (2014). Évolution qualitative et quantitative des composantes de l'œuf pendant les trois phases de ponte chez la poule. *Journal of Applied Biosciences*, **74**: 6080-6085.
- Albert A., Salvador A., Schlich P. & Fiszman S. (2012). Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference*, **24** (1): 111-118.
- Albker D. & Bieler R. (2015). Davantage de fibres brutes pour les poules pondeuses dans Aviculture Suisse, *Aviforum*, 305 zollkofen. Edition 10/15: 7-8

Al-Jaff F. K. (2011). Effect of Coriander Seeds as Diet Ingredient on Blood Parameters of Broiler Chicks Raised under High Ambient Temperature. *International Journal of Poultry Science*, **10** (2): 82-86.

Al-Shokiry N. E., Abdel-Maksoud A. & Khidr R. E. (2011). Utilization of locally produced canola seeds as a feedstuff in laying hen diets, *Egypt Poultry Sciences*, **31** (II): 655-666.

Alli O. I. & Ayorinde, K. L. (2013). Effect of Different Protein and Energy Levels on Reproductive Performance of Guinea Hens. *Bulletin of Environmental and Pharmacological Life Sciences*. **2** (4): 17-20.

Alli O., Ayorinde K. L. & Akwarandu U. S. (2011). Effect of graded levels of baobab seed cake on hematology and biochemistry of grower's guinea fowl. Proc 36th Conference, Nigeria, 158–160.

Al-Shokiry N. E., Abdel-Maksoud A. & Khidr R. E. (2011). Utilization of locally produced canola seeds as a feedstuff in laying hen diets, *Egypt Poultry Sciences*, **31** (II): 655-666.

Anderson G. J., Connor W. E., Corliss J. D. & Lin D. S. (1989). Rapid modulation of the n-3 docosahexaenoic acid levels in the brain and retina of the newly hatched chick. *Journal Lipid Research*, **30**: 433-41.

ANSES (2010). Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la contamination de lots de sarrasin et de farine de sarrasin par de l'acide cyanhydrique et à l'établissement d'un seuil d'intervention. 1-9.

ANSES (2011). Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. ANSES, Paris, France. 25-38.

ANSES (2016). Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires. Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Saisine n° 2012-SA-0103, 280 p.

AOAC (2011). Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.), W. Horowitz (Ed.), Gaithersburg, MD, USA, 245-540.

Apiamu A., Evuen U. F. & Ajaja U. I. (2013). Biochemical Assessment of the Effect of Aqueous Leaf Extract of *Euphorbia heterophylla* Linn on Hepatocytes of Rats. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, **3** (5): 37-41.

- Arterburn L. M., Hall E. B. & Oken H. (2006). Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, **83**:1467S-1476S.
- Aschalew A., Malede B., Yalew D. & Shewangzaw A. (2014). Non-Conventional Feed Resources and Their Utilization Practice in North Gondar, North West Ethiopia. *Academic Journal of Nutrition*, **3** (3): 26-29.
- Ayeni J. S. O. (1980). The biology and utilization of the helmet guinea fowl (*N.M. galeata* Pallas) in Nigeria. Ph.D. Thesis, University of Ibadan, 256 p.
- Ayerza R. & Coates W. (2000). Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition, for two strains of hens. *Poultry Science*, **78**: 724-739.
- Ayorinde K. L. (1987a). Changes in anatomical points of the guinea hens in lay. *Nigerian Journal Animal Production*, **14**: 121-123.
- Baeza E., Chartrin P., Lessire M., Meteau K., Chesneau G., Guillevic M. & Mourot J. (2015). Is it possible to increase the n-3 fatty acid content of eggs without affecting their technological and/or sensorial quality and the laying performance of hens? *British Poultry Science*, **56**: 748-754.
- Baeza E., Juin H., Rebours G., Constantin P., Marche G. & Leterrier C. (2001). Effect of genotype, sex and rearing temperature on carcass and meat quality of guinea fowl. *British Poultry Science*, **42** : 470-476.
- Bahorun T. (1997). Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research*, 83-94.
- Bailey J. (2013). Rapport final sur l'optimisation de la fertilité et de la survie des poussins des reproducteurs de poulet de chair par un régime végétal, Projet n°6406 du 1er Mars 2010 au 30 Juin 2013, 44p.
- Barcelo-Coblijn G. & Murphy E. J. (2009). Alpha linolenic 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**: 355-374.
- Baruwa O. I. & Sofoluweuinea N. A. (2016). Profitability and Resource use Efficiency of Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Production under Tropical Conditions. *Journal of Livestock Science* (ISSN online 2277-6214), **7**: 97-106.

- Bashir L., Ossai P. C., Shittu O. K., Abubakar A. N. & Caleb T. (2015). Comparison of the nutritional value of egg yolk and egg albumin from domestic chicken, guinea fowl and hybrid chicken, *American Journal of Experimental Agriculture*, **6** (5) : 310-316.
- Bawa A., Njoku O. U., Salihu S., Ozougwu V. E. O., Agu C. V. & Okonkwo C. C. (2014). The Effect of Hevea Bransiliensis Natural Rubber on Weight Gain and Plasma Cholesterol Concentration of Experimental Rats. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, **9** (3): 68-70.
- Beauregard A. (2016). Validation d'une technique de réduction de la production de méthane d'origine digestive chez la vache laitière en conditions commerciales. Maîtrise en sciences animales Maître ès sciences (M.Sc.). Université de Laval, Québec, Canada, © Amélie Beauregard, 92 p.
- Belyavin C. G. & Marangos A. G. (1987). In Recent Advances in animal nutrition, Haresign W. and Cole D.J.A. Eds, 47-68.
- Bernacki Z., Kokoszynski D. & Bawej M. (2013). Laying performance, egg quality and hatching results in two guinea fowl genotypes. University of Technology and Life Sciences, Bydgoszcz, Poland. *Archiv fur Geflugelkunde*, **77** (2): 109-115.
- Berry M. I. (1984). Feverfew faces the future. *Pharmacy Journal*, 232: 611-613.
- Bessei W. & Gueye E. F. (1996). The importance of poultry farming in Senegal. *Animal Research and Development*, **45** : 82-88.
- Blum J. C. & Sauveur B. (1996). Caractéristiques et qualité de l'œuf de poule. *Cahier Nutritionnel Diététique*, **31**: 369-378.
- Bonkougou G. F. X. (2005). Characteristics and performance of guinea fowl production under improved and scavenging conditions in Sahelian region of Burkina Faso. Master's Thesis. *The Royal Veterinary and Agricultural University*. Copenhagen, Denmark.
- Bonnet Y. & Mongin P. (1965). Mesure de la surface de l'œuf. *Annales de Zootechnie*, **14** (4) : 311-317.
- Bourre J. M. (2003). Effect of animal feeding and nutritional value on derived products consumed by humans: are lipids concerned nearly exclusively? *Oleagineux, Corps Gras, Lipides*, **10**: 405-424.

- Bourre J. M., Durand G., Erre J. P. & Aran J. M. (1999). Changes in auditory brainstem responses in alphinolenic acid deficiency as a function of age in rats. *Audiology*, **38** : 13-8.
- Bourre J-M. (2004a). La vérité sur les oméga-3. Paris : *Odile Jacob*, 2004.
- Bourre J-M. (2004b). Effets des nutriments (des aliments) sur les structures et les fonctions du cerveau : le point sur la diététique du cerveau. *Revue Neurologique*, **160** : 767-92
- Bourre J-M. (2005a). Enrichissement de l'alimentation des animaux avec les acides gras omega-3 : impact sur la valeur nutritionnelle de leurs produits pour l'homme. *Medecine Sciences*, **21** : 773-779.
- Bourre J-M. (2005b). Acides gras oméga-3 et troubles psychiatriques. *Medecine Sciences* (Paris), **21**: 216-21.
- Bourtov Y. Z., Goldin Y. S. & Krivonichin I. P. (1990). Incubation de l'œuf. *Agroizdat*. 239p. ISBN5-10-0006900 B91.
- Boutrolle I. (2009). Mesure de l'appréciation des aliments par les consommateurs : état des pratiques et propositions méthodologiques. Thèse de Doctorat, 2007. AgroParisTech (centre de Massy). Département Science de l'Aliment, 311 p.
- Bouvarel I., Nys Y., Panheleux M. & Lescoat P. (2010). Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs ? *INRA Production Animale*, **23** (2) : 167-182.
- Brah N., Houndonougbo M. F. & Issa S. (2015). Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille : Une synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9** (6): 2924-2931.
- Bressani R., Elias L. G., Ayuso J., Rosal O., Braham J. E. & Zuniga J. (1983). Nutritive value of protein and oil in rubber seed (*Hevea brasiliensis*). *Turrialba*, **33**: 61-66.
- Brou G. K. G., Houndonougbo F. M., Aboh A. B., Mensah G. A. & Fantodji A. (2012). Effet de la variation temporelle de la température ambiante journalière sur le poids des œufs de poules pondeuses ISA Brown en Côte-d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6** (5): 2158-2169.
- Bugaud C., Buchin S., Hauwuy A. & Coulon J-B. (2001). Relationships between flavour and chemical composition of Abondance cheese derived from different types of pastures., *INRA, EDP Sciences, lait*, **81**: 757-773.

- Buvanendran V. & Siriwardene J. A. (1970). Rubber seed meal in poultry diets. *Ceylon Veterinary journal*, **18** (2): 33-36.
- Campbell T.W. (2004): Blood chemistry of lower vertebrates. In : 55th Annual meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP), and the 39th Annual Meeting of the *American Society of Clinical Pathology* (ASVCP). 19 p.
- Caston L. J., Squires E. J. & Leeson S. (1994). Hen performance, egg quality and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed flax. *Canadian Journal of Animal Science*, **74** : 347-353.
- Chaouali N. (2013). Intoxication par les plantes cyanogènes. Thèse de Docteur en Pharmacie. Université De Monastir Faculté de Pharmacie de Monastir, 117 p.
- 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. *Australian Journal Grape Wine Research*, **11** : 339-347.
- Cherian G. & Sim J. S. (1991). Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acids composition of eggs, embryos and newly hatched chickens. *Poultry Science*, **70**: 917-922.
- Cherian G., Campbell A. & Parker T. (2009). Egg quality and lipid composition of eggs from hens fed *Camelina sativa*. *Journal of Applied Poultry Research*, **18**: 143-150.
- Choong T. S. Y., Chuah T. G., Robiah Y., Koay F. L. G. & Azni I. (2007). Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. *ScienceDirect, Elsevier*, **217** (1-3) : 139-166 <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.015>.
- Chrysostome C. (1995). Méthodologie de développement de la pintade au Bénin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Institut national Agronomique, Paris-Grignon, 190 p.
- Chukwuka O. K., Okoli I. C., Okeudo N. J., Udedibie A. B. I., Ogbuewu I. P., Aladi N. O., Iheshiolor O. O. M. & Omede A. A. (2011). Egg quality defects in poultry management and food safety. *Asian Journal of Agricultural Research*, **5** (1): 1-16.
- CIRAD (2015). Natural Rubber: An opportunity to diversify the economy of African countries. EU-AU Joint Session on Infrastructure for the Minerals Sector. Ref. Ares, 1725422-23/04/2015. 14p.

CNRA (2012). Les programmes de recherches 2012-2015. CNRA, programme hévéa, **1** : 20-21.

Colas B., Sauvageot F., Harscoat J.-P. & Sauveur B. (1979). Protéines alimentaires et qualité de l'œuf. II. – Influence de la nature des protéines distribuées aux poules sur les caractéristiques sensorielles de l'œuf et la teneur en acides aminés libres du jaune. *Annales de zootechnie*, INRA/EDP Sciences, 1979, **28** (3) : 397-314.

Colas B., Sauvageot F., Harscoat J.-P. & Sauveur B. (1979). Protéines alimentaires et qualité de l'œuf. II. Influence de la nature des protéines distribuées aux poules sur les caractéristiques sensorielles de l'œuf et la teneur en acides aminés libres du jaune. *Annales de zootechnie*, **28** (3) : 297-314.

Crawford M. A., Casperd N. M. & Sinclair A. J. (1976). The long chain metabolites of linoleic and linolenic acids in liver and brain in herbivores and carnivores. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **54**: 395-401.

Da Silva F. R., Junqueira O. M., De Laurentiz A. C., Casartelli E. M., Rodrigues E. A. & Araujo L. F. (2005). Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle. *Journal of Applied Poultry Research*, **14**: 258-264.

Dabhade S. B. (1983). Non-edible oils in surface coating paint India, *Tropical Science*, (10): 18-20.

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. Thèse, Université de Liège. Faculté de Médecine Vétérinaire, 191 p.

Dahouda M., Toléba S. S., Senou M., Youssao A. K. I., Hambuckers A. & Hornick J-L. (2009). Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes. *Annales de la Médecine Vétérinaire*, **153** : 5-21.

Dahouda M., Toleba S. S., Youssao A. K. I., Bani Kogui S., Aboubakari S. Y. & Hornick J. L. (2007). Contraintes de l'élevage des pintades et composition des cheptels dans les élevages traditionnels du Borgou au Bénin. *Aviculture Familiale*, **17**: 3-14.

Danho T. (2008). Etude du sous-secteur de l'aviculture familiale. *Revue du secteur avicole* : Côte d'Ivoire : FAO, 2008. 77 p.

- Davies R. (2003). Network perspectives in the evaluation of development interventions: More than a metaphor. In EDAIS Conference on New Directions in Impact Assessment for Development: Methods and Practice, 24-25.
- Del Hoyo J., Elliot A. & Sargatal J. (1992). Handbook of the Birds of the World. Vol. 1, Ostrich to Ducks, *Lynx Edicions and BirdLife International*, Barcelona, Spain, 55-64.
- Deniges G. (1893). Titration of cyanide with silver using potassium iodide as indicator. *Comptes Rendus*, **117**: 1078-1080.
- Devendra C. (1988). General approaches to Animal Nutrition research and their relevance to fish production in the Asian region. In: S.S. Desilva (Ed.), *Asian Fisheries Society in association with the International Development Research Centre of Canada*, Singapore: 7-24.
- Din J. N., Newby D. E. & Flapan A. D. (2004). 'Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease -fishing for a natural treatment' *BMJ*, **328** (7430): 30-5.
- Dipeolu M. A., Adebayo A. J. & Oke O. M. (2004). Residues of Streptomycin antibiotic in commercial layers in Abeokuta and Ibadan metropolis. *Nigerian Journal Animal Production*, **31**: 130-134.
- Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A. & Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *analytical chemistry*, 28(3): 350-356
- Dudusola I. O. (2010). Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. *International Research Journal of Plant Science*, **1** (5): 112-115.
- Duru M., Duru A. A., Karadaş K., Eydurhan E., Cinli H. & Tariq M. M. (2017). Effect of Carrot (*Daucus carota*) Leaf Powder on External and Internal Egg Characteristics of Hy Line White Laying Hens. *Pakistan Journal Zoological*, **49** (1): 125-132.
- Earle F. R., Mc Guire T. A., Mallan J., Bagby M. O. & Wolff I. A. (1959). Search for New Industrial Oils. II. Oils with High Iodine Values. *The Journal of the American Oil Chemists Society*, **37**: 48-50.
- Earle F. R., Moguire T. A., Mallan L., Bagby M.O. & Wolff I. A. (1960). Search for new industrial oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, **37**: 48-51.

Eka H. D., Tajul A. Y. & Wan N. W. A. (2010). Potential use of Malaysian rubber (*Hevea brasiliensis*) seed as food, feed and biofuel. *International Food Research Journal*, **17** (3): 527-534.

Elahé A. & Mohammad A. S. (2014). Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. Food Science & Nutrition published by Wiley Periodicals, Inc. 443-463.

Eleroğlu H., Yıldırım A., Duman M. & Okur N. (2016). Effect of eggshell color on the egg characteristics and hatchability of guinea fowl (*Numida meleagris*) Eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 061-068.

Erdman J. W. J., Balentine D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly J., Hollman P., Keen C. L., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. & Burrowes J. (2007). Flavonoids and heart health: proceedings of the ILSI North America Flavonoids Workshop, May 31-June 1, 2005, Washington, DC. *Journal of Nutrition*, **137** (3 Suppl 1):718S-37S.

Eruvbetine D., Tajudeen I. D., Adeosun A. T. & Olojede A. A. (2003). Cassava (*Manihot esculenta*) leaf and tuber concentrate in diets for broiler chickens. *Bioresource Technology*, **86** (3): 277-281.

Etches R. J. (1996). *Reproduction in poultry* Wallingford, Oxon: CAB International, ©1996, ISBN: 0851987389; 318 p.

Faitarone A. B. G., Garcia E. A., Roça R. de O., Ricardo H. de A., Andrade E. N., Pelícia K. & Vercese F. (2013). Cholesterol Levels and Nutritional Composition of Commercial Layers Eggs Fed Diets with Different Vegetable Oils. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **5** (1): 31-38

Falodun A., Okunrobo L. O. & Uzoamaka N. (2006). Phytochemical screening and anti-inflammatory evaluation of methanolic and aqueous extracts of *Euphorbia heterophylla* Linn (Euphorbiaceae). *African Journal of Biotechnology*, **5** (6): 529-531.

Falodun A., Sajjad A., Irfan M. Q. & Iqbal M. I. C. (2008). Phytochemical and biological investigation of chloroform and ethylacetate fractions of *Euphorbia heterophylla* leaf (Euphorbiaceae). *Journal of Medecine Plant Research*, **2** (12): 365-369.

- Fani A. R., Lotfollan H. & Ayazi A. (2004). Evaluation in economical traits of Iranian native guinea fowl (*Numida meleagris*). Proceedings of the Joint Agriculture and Natural Resources Symposium, 14-16.
- FAO (2003): Food energy-Methods of Analysis and conversion factor, report of a technical workshop, Rome, 3-6 December 2002, *Food and Nutrition*, 77-93.
- FAO (2004). Production et santé animales: Production en aviculture familiale. Manuel technique: 126 p.
- FAO (2014). Graisse et acides gras dans la nutrition humaine. Rapport d'une consultante d'experts. 10 au 14 novembre 2008, Genève. ISSN 1014-2908 : 178 p.
- FAO/OMS (2013). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur les contaminants dans les aliments. Douzième session Utrecht, Pays-Bas, 12 - 16 mars 2018. CX/CF 18/12/13, www.codexalimentarius.org, 20 p.
- Farougou S., Kpodekon M., Tokannou R., Djossou V. D., Akoutey A. & Youssao I. A. K. (2006). Utilisation de la farine de *Mucuna pruriens* (L.) D C dans l'aliment de croissance des pintades (*Numida meleagris*). *Revue de la Médecine Vétérinaire*, **157** (10) : 502-508.
- Fasuyi A. O., Dairo F. A. S. & Adeniji A. O. (2008). Tropical vegetable (*Amaranthus cruentus*) leaf meal as alternative protein supplement in broiler starter diets: bionutritional evaluation. *Journal of Central European Agriculture*, **9** : 23-33.
- Ferrier L. K., Caston L. J., Leeson S., Squires J., Weaver B. J. & Holub B. J. (1995). Alpha-linolenic acid- and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *American Journal Clinical Nutrition*, **62**: 81-86.
- Fisher C. & McNab J. M. (1987). Techniques for determining the Metabolizable Energy (ME) content of Poultry feeds, in recent Advances in Animal Nutrition, Haresign W., J. A. D. Cole (Eds), Butterworths, London, 3-18.
- Folch J., Lees M. & Sloane-Stanley G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **226**: 497-509.
- Frances H., Drai P., Smirnova M., Carrie I., Debray M., Bourre J. M. (2000). Nutritional (n-3) polyunsaturated fatty acids influence the behavioral responses to positive events in mice. *Neuroscience Letters*; **285**: 223-227.

- Gallardo-Escamilla F. J., Kelly A. L. & Delahunty C. M. (2005). Sensory Characteristics and Related Volatile Flavor Compound Profiles of Different Types of Whey. *Journal of dairy science*, **88** : 2689-2699.
- Ganiere J-P. (2004). Maladies réputées contagieuses ou à déclaration obligatoire : Salmonellose de la Poule et de la Dinde, ENVN, 9 p.
- Gbogouri G. A. (2005). Co-valorisation des protéines et des lipides riches en lecithine et en acides gras polyinsaturés oméga-3 à partir de têtes de saumon (*salmo salar*) par hydrolyse enzymatique. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 172p
- Geleijnse J. M., Giltay E. J., Grobbee D. E., Donders A. R. & Kok F. J. (2002). Blood pressure response to fish oil supplementation: metaregression analysis of randomized trial. *Journal of Hypertension*, **20**: 1493-1499.
- Genchev A. (2012). Quality and composition of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). *Trakia Journal of Sciences*, **10** (2) : 91-101.
- Gendron M. & Blentz G. (1970). La qualité de l'oeuf de consommation. *Nouv. Avic.suppl.* (125): 1-28, <http://www.ocl-journal.org> ou <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2004.0133>
- Genot C., Meynier A., Riaublanc A. & Chobert J. M. (2003). Protein oxidation. In: Lipid oxidation pathways. A. Kamal-Eldin Ed., AOCS Press, Champaign (IL, USA) Pub., 266-293.
- Ghandhi V. M., Cherian K. M. & Mulky M. J. (1990) Nutritional and toxicological evaluation of rubber seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **67** (11):883-886
- Givens D. I., Cottrill B. R., Davies M., Lee P., Mansbridge R. M. & Moss A. R. (2000). Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets. *Nutrition Abstracts and reviews (Series B)*, **70**: 1-19.
- Gonzalez-Esquerra R. & Leeson S. (2001). Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science*, **81**: 295-305.
- Grisoni M. L., Lardier M., Uzu G. & Geraert P. A. (1990). Effect of dietary protein level on lipid deposition in broilers during the finishing period. *Zootechnics Annals*, **39**: 179-186.
- Grobas S., Mendez J., de Blas C. & Mateos G. G. (1999b). Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poultry Science*. **78**: 1542-1551

- Guioli S. & Lovell-Badge R. (2007). PITX2 controls asymmetric gonadal development in both sexes of the chick and can rescue the degeneration of the right ovary. *Development*, **134** (23): 4199-4208
- Gurbuz Y. & Salih Y. G. (2017). Influence of sumac (*Rhus Coriaria* L.) and ginger (*Zingiber officinale*) on egg yolk fatty acid, cholesterol and blood. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*©2017 Blackwell Verlag GmbH, DOI:10.1111/jpn.**12652**: 1-8
- Hamm D., C. Ang B. L., Hughes & Jones J. E. (1982). Composition of guinea keet breast and thigh meat. *Journal Food Science*, **47**: 1372-1373.
- Hansen P., Scoble J. A., Hanson B. & Hoogenraad N. J. (1998). Isolation and purification of immunoglobulins from chicken eggs using thiophilic interaction chromatography. *Journal of Immunological Methods*, **215**: 1-7.
- Harper C. R., Edwards M. J., De Filipis A. P. & Jacobson T. A. (2006). Flaxseed oil increases the plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids in humans. *Journal Nutrition*, **136**:83-87.
- Hassan M. R., Choe H. S. & Ryu K. S. (2013). Effect of dietary energy and protein on the performance, egg quality, blood properties and yolk fatty acid composition of laying hens. *World's Poultry Science Journal*, Volume 69, Supplement. EggMeat Symposia, Bergamo 15-19 September 2013. 5 p.
- Hassan S. M., Mady M. E., Cartwright A. L., Sabri H. M. & Mobarak M. S. (2003). Effect of Feeding Time on the Reproductive Performance of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science*, **82**:1188-1192.
- Haugh R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poultry Magazine*, **43**: 552-555.
- Hayat Z., Cherian G., Pasha T. N., Khattak F. M. & Jabbar M. A. (2010). Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flax seed and 2 different antioxidants. *Poultry Science*, **89**:2293–2298 doi: 10.3382/ps.2009-00575.
- Hermier D. (1997). Influence de l'alimentation sur la qualité des lipides de l'œuf. Colloque annuel Valicentre, Chambray-les-Tours, 14 p.
- Hermier D. (2010). Impact métabolique des acides gras saturés/insaturés. *Innovations Agronomiques*, **10**:11-23.

Heuer B., Yaniv Z. & Ravina I. (2002). Effect of late salinization of chia (*Salvia hispanica*), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality. *Industrial Crops and Products*, **15**: 163-167

Hibbeln J. R., Umhau J. C., George D. T. & Salem N. (1997). Do Plasma Polyunsaturates Predict Hostility and Depression? In Simopoulos AP, Pavlou KN (Eds): Nutrition and Fitness: Metabolic and Behavioral Aspects in Health and Disease. *World Revue Nutritional Dietetics*. Basel, Karger, **82**: 175-186

Hien O.C., Ouedraogo C.L., Diarra B. & Traore B. (2009). Effets du parasitisme interne sur la productivité des pintades locales au Burkina Faso. *Tropicultura*, **27** (3) : 184-190

Hirai A., Terano T., Makuta H., Ozawa A., Fujita T., Tamuara Y. & Yoshida S. (1989). Effect of oral administration of highly purified eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on platelet function and serum lipids in hyperlipidemic patients. *Adv. Prostagl., Thromb. Leuk.* **19**: 627-630.

Hoffman D. R., Theuer R.C., Castañeda Y. S., Wheaton D. H., Bosworth R. G., O'Connor A. R., Morale S. E., Wiedemann L. E. & Birch E. E. (2004). Maturation of visual acuity is accelerated in breast-fed term infants fed baby food containing DHA-enriched egg yolk. *Journal Nutrition*, **134** (9): 2307-2313.

Holm L. R. G., Plucknett D. L., Pancho J. V. & Herber J. P. (1977). The world's worst weeds-distribution and biology. East-west center, university Press of Hawaiï, Honollulu, Hawaiï, 609 p.

Holt P. S., Davies R. H., Dewulf J., Gast R. K., Huwe J. K., Jones D. R., Waltman D. & Willian K. R. (2011). Emerging Issues: Social Sustainability of Egg Production Symposium. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*, **86**: 1293-1298.

Hossain M. E., Karim M. H., Alam S. & Nath S. K. (2015). Nutritive value of rubber seed (*Hevea brasiliensis*). *Online Journal Animal Feed Research*, **5** (1): 18-21. Scienceline/Journal homepages: <http://www.science-line.com/index/>; <http://www.ojafr.ir>

Houndonougbo M. F., Chrysostome C. A. A. M. & Houndonougbo V. P. (2012). Performances de ponte et qualité des œufs des poules pondeuses ISA Brown alimentées avec des rations à base de feuilles séchées de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6** (5): 1950-1959.

- Houndonougbo P. V., Chrysostome A. A. C., Houndonougbo M. F., Hedi A., Bindelle J. & Gengler N. (2014). Evaluation de la qualité externe et interne des œufs de cinq variétés de pintades locales élevées au Bénin. *Science de la vie, de la terre et agronomie, Revue CAMES*, **02** (02) : ISSN 2424-7235
- Hrnčár C., Hanusová E., Hanus A. & Bujko J. (2014). Effect of genotype on egg quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Slovak Journal Animal Science*, **47** (1): 6-11 © 2014 NPPC ISSN 1337-9984.
- Huang M. Z., Watanabe S., Kobayashi T., Nagatsu A., Sakakibara J. & Okuyama H. (1997). Unusual effects of some vegetable oils on the survival time of stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Lipids*, **32**: 745-751.
- Huang S., Baurhoo B. & Mustafa A. (2018). Effects of extruded flaxseed on layer performance, nutrient retention and yolk fatty acid composition. *British Poultry Science*, **59**: 463-469
- Huart A., Bindelle J., Woirin D. & Buldgen A. (2004). L'élevage de la pintade au Bénin sous la loupe. *Eco Congo*, 1-2.
- Husson F. & Josse J. (2014). Multiple Correspondence Analysis. in *Visualization and Verbalization of Data*. J. Blasius and M. Greenacre, ed. Chapman and Hall CRC Press, UK, 165-219.
- Ige A. O., Odunsi A. A., Akinlade J. A., Ojedapo L. O., Ameen S. A., Aderinola O. A. & Rafiu T. A. (2006). Gliricidia leaf meal in layer's diet effect on performance, nutrient digestibility and economy of production. *Journal Animal Veterinary Advance*. **5**: 396-483.
- Innis S. M. & Friesen R. W. (2008). Essential n-3 fatty acids in pregnant women and early visual acuity maturation in term infants. *American Journal of Clinical Nutrition*, **87**: 548-557.
- INRA (1989). L'alimentation des volailles. Le pintadeau de chair. INRA (L'institut National de la Recherche Agronomique) éd. *Station de recherches avicoles*, 37380, Monnaie, France.
- INRA (2013). L'œuf aux trésors. Dossier de presse INRA: 18-24. 147 rue de l'Université 75338 Paris Cedex 07. Mis à jour le 28/09/2018. *Sciences et impacts*, 1-5.
- INS (2019). Institut National de la Statistique. Leader des Chiffres en Côte d'Ivoire RGPH-2019/ table ronde des utilisateurs. 1-3.

Ipou I. J. (2005). Biologie et écologie d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat. Université de Cocody-Abidjan, 192 p.

ISO 2164 (1975). Norme internationale. Pulses-Determination of glycosidic hydrocyanic acid. Première édition, 45-78.

Issa S., Hancock J. D., Tuinstra M. R., Brah N., Hassane A., Kapran I. & Kaka S. (2010). Le sorgho, un bon substitut du maïs dans les rations des poulets de chair au Niger. *Family Poultry Communications / Communications en Aviculture Familiale / Comunicaciones en Avicultura Familiar*, **19** (1) : 16-50.

Issaka B. Y. & Yeboah R. N. (2016). Socio-economic attributes of guinea fowl production in two districts in Northern Ghana. *African Journal Agricultural Research*. **11**:1209-1217.

ITAVI (2016). Situation de la production et du marché des œufs et des ovoproduits, bilan 2015. *Service Economie ITAVI*, 13 p.

Jacob J. P., Miles R. D. & Mather F. B. (2000). Egg Quality. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/PS/PS02000>, 1-6.

Johnson A. L. (2000). Reproduction in the female. In: whittow causey g. Sturkie's Avian Physiology. 5th edition. San Diego: *Academic Press*, 569-596.

Johnston L. G., Sabin K. (2010). Échantillonnage déterminé selon les répondants pour les populations difficiles à joindre. *Methodological Innovations Online*, **5** (2): 38-48.

Joly P. (2003). Conduite technique des élevages de poulettes et de pondeuses en climat chaud. In La Production d'œufs de Consommation en Climat Chaud, Amand C, Albert C, Braine A, Cardinate F, Champagne J, Comte S, Dayon JF, Drouin JP, Goater E, Guerder F, Guibert FM, Joly Y, Magdelaine P, Renault P, Valancony H, Fleury V (eds). Paris, France, 53-61.

Kacou A. & Adon G. (2004). Notions sur les Techniques et la Conduite Pratique en Elevage Avicole. Edition *Globaledit* : Côte d'Ivoire, 64 p.

Kagawa Y., Nishizawa M., Suzuki M., Miyatake T., Hamamoto T., Goto K, Motonaga E., Izumikawa H., Hirata H. & Ebihara A. (1982). Eicosapolyenoic acids of serum lipids of Japanese islanders with low incidence of cardiovascular diseases. *Journal Nutrition Science Vitaminol* (Tokyo), **28** (4): 441-53

- Kakengi A., Kaijage J. T., Sarwatt S. V., Mutayoba S. K., Shem M. N. et Fujihara T. (2007). Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livestock Research for Rural Development*, **1** (9; 4): 446 p.
- Kanazawa A., Sawa T., Akaike T. & Maeda H. (2000). Formation of abasic sites in DNA by t-butyl peroxy radicals: implication for potent genotoxicity of lipid peroxy radicals. *Cancer Letters*; 156 : 51-55.
- Kennedy G. Y. & Vevers H. G. (1973). Eggshell pigments of the Arauano fowl. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B Biochemistry*, 11-35.
- Kgwatalala P. M., Bolebano L. & Nsoso S. J. (2013). Quality Characteristics of Different Varieties of Domesticated Helmeted Guinea Fowl (*Numida meleagris*). *International Journal Poultry Science*, **12** (4): 245-250.
- Khairunnesa M., Das S. C. & Khatun A. (2016). Hatching and growth performances of guinea fowl under intensive management system. *Progressive Agriculture*. **27**: 70-77.
- Khan M. J. A., Khan S. H., Bukhsh A. & Amin M. (2014). The effect of storage time on egg quality and hatchability. The effect of storage time on egg quality and hatchability characteristics of Rhode Island Red (RIR) hens. *Veterinarski arhiv*, **84** (3): 291-303.
- Khan S. A., Khan A., Khan S. A., Beg M. A., Ali A. & Damanhoury G. (2015). Comparative study of fatty-acid composition of table eggs from the Jeddah food market and effect of value addition in oméga-3 bio-fortified eggs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **24**: 929-935.
- Koehler H. H. & Bearnse G. E. (1975). Egg flavor quality as affected by fish meals or fish oils in laying rations. *Poultry Science*, **54**: 88 p.
- Koffi K. F., Kouakou N. D. V., Angbo-Kouakou C. E. M., Kouassi G. F., Kone 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**:9610-9617.
- Koné G. A. (2009). Détermination de la valeur nutritive d'Euphorbia heterophylla pour l'alimentation du cobaye (*Cavia porcellus*). Mémoire de fin d'études. Ingénieur Agronome, ESA, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, 40 p.
- Kone G. A., Kouakou N. D. V., Angbo-Kouakou C. E. M., Kouame K. B., Yeboue 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*, **12** (30) : 11-22.

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, <https://doi.org/10.3382/ps/pey290>.

Konlan S. P., Avornyo E. K., Karbo N. & Sulleyman A. (2011). Increasing guinea fowl eggs availability and hatchability in the dry season. *Journal World Poultry Research*. **1**: 1-3.

Kouadio K. E., Kreman K., Kouadja G. S., Kouao B. J. & Fantodji A. (2013). Influence du systeme d'élevage sur la reproduction de la poule (*Gallus domesticus*) en Cote d'Ivoire. *Progressive Agriculture*, **72**:5830-5837.

Kouakou N. D. V., Koffi K. F., Cho Angbo-Kouakou E. M., Koné G. A., Kouassi G. F., Amoikon K. E. & Kouba M. (2018). Enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3 du jaune d'œuf de cailles (*Coturnix coturnix japonica*) par les graines d'euphorbe (*Euphorbia heterophylla*). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, **70** (3) : 99-103.

Kouakou N. D. V., Grongnet J-F., Assidjo N. E., Thys E., Marnet P-G., Catheline D., Legrand P. & Kouba M. (2013). Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.). *Meat Science*, **93** (4): 821-826.

Kouakou N. D. V., Thys E., Assidjo E. N. & Grongnet J. F. (2010). Ingestion et digestibilité in vivo du *Panicum maximum* associé à trois compléments : tourteau de *Jatropha curcas*, tourteau de coton (*Gossypium hirsutum*) et *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.). *Tropicultura*, **28** (3) : 173-177.

Kouakou N. D. V., Traore G. C. M., Angbo-Kouakou C. E. M., Grongnet J-F. & Kouba M. (2017). Effect of feeding *Euphorbia heterophylla* seeds on egg production, egg quality, lipid composition and sensory evaluation of eggs. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **31** (2): 4889-4900

Kouakou N. D. V., Traore G. C., Angbo-Kouakou C. E. M., Kouame K. B., Adima A. A., Assidjo N. E., Grongnet J-F. & Kouba M. (2015). Essai préliminaire de production d'œufs des poules pondeuses (ISA Warren) enrichis en acides gras polyinsaturés oméga-3 avec les graines d'*Euphorbia heterophylla* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9** (4) : 1902-1909.

- Kouakou N.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. *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire des pays tropicaux*, **71** (1-2): 81-85.
- Kouassi G. F., Kouakou N. D. V., Coulibaly S. B. M., Koné G. A., Koffi K. F., Kouassi A. J. F. & Amoikon K. E. (2017). Potentialités Hypocholestérolémiantes d'*Euphorbia heterophylla* Chez Les Lapins Locaux (*Oryctolagus Cuniculus* L.). *European Scientific Journal*, **13** (9) : 1857-7881.
- 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
- Kouba M. (2006). Effect of dietary oméga-3 fatty acids on meat quality of pig and poultry. In: Teale MC. *Oméga-3 fatty acids research*. Nova publishers, NY, Etats-Unis, 225-239.
- Kovacs G., Schmidt J., Husveth F., Dublec K., Wagner L. & Farkas-Zelz E. (2000). Effect of feed composition on cholesterol content of the table eggs. *Acta Alimentaria*, **29**: 25-41.
- Kubow S. (1990). Toxicity of dietary lipid peroxidation products. *Trends Food Science Technological*; **1**: 67-71.
- Kuit H. G., Traore A. & Wilson R. T. (1986). Livestock production in Central Mali: ownership, management and productivity of poultry in traditional sector. *Tropical Animal Health Production*. **18**: 222–231.
- Lakehal N. (2013). Normes et interprétations des dosages des paramètres biochimiques sanguins chez le poulet de chair. Thèse de l'Institut des Sciences Vétérinaires à l'Université de Constantine, **1** : 194 p.
- Lang M. R. & Wells J.W. (1989). A review of eggshell pigmentation. *World's Poultry Science Journal*, **43** : 238-246.
- Larid R. (2012). Valorisation des sous-produits de tomates en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (Cas des poules pondeuses). Master. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes, 174 p.
- Laurenson P. (2002). Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou, Bénin. MSc Diss. Gembloux Univ., Gembloux, Belgium : 24-66. ´

- Lavialle M. & Layé S. (2010). Acides gras poly-insaturés (omega 3, omega 6) et fonctionnement du système nerveux central. *Innovations Agronomiques*, **10** : 25-42.
- 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. *International Journal Poultry Science*, **2**: 409-416.
- Leclercq B, Bouchardeau A. & Blum J.-C. (1975). Étude des effets du rationnement alimentaire de la poule sur ses performances de ponte, et observations sur les effets d'une supplémentation par la bacitracine. *Annales de zootechnie*, **24** (4) : 603-611.
- Leeson S. & Summer J. D. (1978). Dietary gums and fishy odours in eggs. *Poultry Science*, **57** : 314-315.
- Legrand P., Beauchamp E., Catheline D., Pédrone F. & Rioux V. (2010). Short chain saturated fatty acids decrease circulating cholesterol and increase tissue PUFA content in the rat, *Lipids*, **45** (11), 975-986. Doi: 10.1007/s11745-010-3481-5.
- Lemaitre D., Véricel E., Polette A. & Lagarde M. (1997). Effects of fatty acids on human platelet glutathione peroxidase: possible role of oxidative stress. *Biochemistry and Pharmacology*, **53** (4): 479-486.
- Liener I. E. (1994). Antinutritional factors related to proteins and amino acids. In : Hui Y.H., Gorham J.R., Murrel K.D., Cliver D.O. (Eds.), *Foodborne disease handbook*. Marcel Dekker: New York, 261-309.
- Linnaeus C. (1753) *Species plantarum*. Laurentius Salvius, *Stockholm*, 1200 p.
- Luquetti B. C., Gonzales E., Bruno L. D. G., Furlan R. L. & Macari M. (2004). Egg Traits and Physiological Neonatal Chick Parameters from Broiler Breeder at Different Ages. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **6** (1): 13-17.
- Ly J., Ty C. & Phiny C. (2001). Evaluation of nutrients of rubber seed meal in Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development*, **13**: 2-3
- Madzimure J., Happysen S. & Ngorora G. P. K. (2011). Market potential for guinea fowl (*Numida meleagris*) products. *Tropical Animal Health Production*, **43**: 1509–1515

- Mann K. (2008). Proteomic analysis of the chicken egg vitelline membrane. *Proteomics*, **8**: (11) : 2322-2332.
- Marie-Pierre E. (2014). Les filières animales françaises : caractéristiques, enjeux et perspectives. Collection synthèse agricole. *Lavoisier*, 525 p.
- Marinova D., Ribarova F. & Atanassova M. (2005). Total phenolics and total Flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, **40** (3): 255-260
- Martin C., Pomiès D., Ferlay A., Rochette Y., Eugène M., Martin B., Doreau M. & Chilliard Y. (2010). Methane output in dairy cows in response to long-term feeding of grassbased diets supplemented with linseed or rapeseed. 4th Int. Conf. Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA), Banff, Canada, 1-4.
- Martin S. & Andriantsitohaina R. (2002). Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie*, **51** : 304-315.
- Matthes S. (1985). Hygiene and egg quality. In poster session, 20th *Poultry Sciences Symposium*. « Egg Quality », Harper Adams Agric. College, Nempport (GB), 35-46.
- Miksik I., Holan V. & Deyl Z. (1996). Avian eggshell pigments and their variability. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **113**: 607-612.
- Milinsk M. C., Mukarami A. E., Gomes S. T. M., Matsushita M. & De Souza N. (2003). Fatty acid profile of eggs yolk lipids from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, **83** (2): 287–292. Doi: 10.1016/S0308-8146(03)00094-3
- Mills A. D., Nys Y., Gautron J. & Zawadzki J. (1991). “Whitening of brown shelled eggs: Individual variation and relationships with age, fearfulness, oviposition interval and stress.” *British Poultry Science*, **32**: 117–129
- MIRAH : (2016). Ministère des ressources Animales et Halieutiques. Forum sur les investissements en aviculture en Côte d'Ivoire. 18 October 2016. Abidjan, 1-3.
- Mishra J. P., Vaithyanathan S., Mishra S., Prasad R. & Misra A. K. (2002). Effect of transinoculation of subabul (*Leucaena leucocephala*) leaves fed goat rumen liquor into sheep rumen on haematobiochemical parameters in sheep. *Indian Journal Small Ruminant*, **8** (1): 19-22.

- Mmereole F. U. C. (2008). The effects of replacing groundnut cake with rubber seed meal on the haematological and serological indices of broilers. *International Journal of Poultry Science*, **7** (6): 622-624.
- Moreki J. C. & Seabo D. (2012). Guinea Fowl Production in Botswana. *Journal World's Poultry Research*, **2** (1): 1-4.
- Moreki J. C. (2009). Guinea Fowl Production. Reach Publishers, *Wandsbeck*, South Africa, **3631**: 7-31.
- Morozova S., Suc-Royer I. & Auwerx J. (2004). Modulateurs du métabolisme du cholestérol et avenir du traitement de l'athérosclérose. *Médecine/Science*, **20** (6-7): 685-690.
- Morrison W. R. & Smith L. M. (1964) Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl-acetals from lipids with boron trifluoride-methanol. *Journal Lipid Research*, **5** : 600-608.
- Mosango D. M. (2008). *Euphorbia heterophylla* L. consulté le 30 septembre 2015<http://database.prota.org/dbtwpd/exec/dbtwpub.dll?ac=qbe_query&bu=http://database.prota.org/recherche.htm&tn=protab~1&qb0=and&qf0=Species+Code&qf0=Euphorbia+heterophylla&rf=AfficherWeb>.1-15.
- Mosso K., Bohoua G. & Gnankri D. (2000). Détoxification en cyanure des aliments dérivés du manioc. *Industries alimentaires et agricoles*, **117** (10) : 41-42.
- Moula N., Philippe F. X., Ait K. A., Touazi L., Antoine-Moussiaux N. & Leroy P. (2014). Ponte et qualité d'œufs de cailles élevées en conditions semi intensives dans l'Est Algérien. *Archivos de Zootecnia*, **63** (244) : 693-696
- Mourot J. (2010). Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour la viande de porcs et autres monogastriques ? *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, **1** : 37-42
- 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*). *Annals Animals Sciences*, **16**: 1245-257.
- Müller C. D. & Scott H. M. (1940). The porosity of the eggshell in relation to hatchability. *Poultry Science*, **19**: 163-166.

- Mwale M., Mupangwa J. F., Mapiye C., Saina H. & Chimvuramahwe J. (2008). Growth Performance of Guinea Fowl Keets Fed Graded Levels of Baobab Seed Cake Diets. *International Journal of Poultry Science*, **7** (5): 429-432.
- Nagarajan S., D. Narahari I. A. Jayaprasad D. & Thyagarajan (1991): Influence of stocking density and layer age on production traits and egg quality in Japanese quail. *British Poultry Science*, **32**, 243-248.
- 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. *World's Poultry Science Journal*, **85**: 359-363.
- Nain S., Renema R. A., Korver D. R. & Zuidhof M. J. (2012). Characterization of the n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. *Poultry Science*, **91** (7): 1720-1732.
- Naraharid D. & Rajinir R. A. (1999). Effect of dietary pearl millet and pigments on egg quality. *Indian Journal Poultry Science*, **34**: 89-91.
- Nartey L. (1993). Studies on cassava, *Manihot utilissima* Pohl: cyanogenesis: The biosynthesis of linamarin and lotaustralin in ethiolated seedlings. *Phytochemistry*, **7** (8) : 1307-1312.
- Nau F. (2010). De l'œuf aux ovoproduits, Science et technologie de l'œuf, Volume 2, *Lavoisier Tec et Doc*, 176 p.
- Nau F. Y., Nys Y., Yamakawa S. & Rehault-Godbert (2010). Intérêt nutritionnel de l'œuf en alimentation humaine. Productions Animales, Science et Technologie du Lait et de l'œuf, *Inra Productions Animales*, **23** (2) : 225-236.
- Nau F., Guérin-Dubiard C., Baron F. & Thapon J.-L. (2010). Science et technologie de l'œuf. Production et qualité, volume 1, *Lavoisier*, 350 p.
- Ndoye N. (1996). Etude de la qualité nutritionnelle des aliments de volaille vendus au Senegal et de l'effet de leur supplementation en lysine, en méthionine et en lipides sur les performances zootechniques du poulet de chair. Thèse de Doctorat en Sciences et Médecine Vétérinaires. Université Chekih Anta Diop – Dakar. 105 p.
- Nestel P. J., Connor W. E., Reardon M. F., Connor S., Wong S. & Boston R. (1984). Suppression by diets rich in fish oil of very low-density lipoprotein production in man. *Journal Clinical Investigation*, **74** (1): 82-89.

- Newman R. E., Bryden W. L., Fleck E., Ashes J. R., Buttemer W. A., Storlien L. H. & Downing J. A. (2002). Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. *British Journal Nutrition*; **88** (1): 11-8.
- Nwokolo E. & Sim J. (1988). Dietary utilization of rubber seed oil by broiler chicks. *Canadian Journal Sciences*, **66**: 1181-1182.
- Nwokolo E. (1987). Biochemical and nutritional qualities of rubber seed meal. *Tropical Agriculture*, **64** (3) : 170-171.
- Nys Y. (2010). Structure et formation de l'oeuf. In: F. Nau, C. Guerin-Dubiard, F. Baron, AND J. L. Thapon, editors., Science et technologie de l'oeuf. Paris. *Lavoisier*, 161-237.
- Nys Y. & Margas C. (1997). Evaluation de l'efficacité de trois sources vegetales de pigment jaune pour la coloration du jaune d'œuf cru et cuit. Deuxièmes journées de la Recherche Avicole, Tours, 8-10 Avril 1997 : 263-266.
- Nys Y. & Sauveur B. (2004). Valeur nutritionnelle des œufs. *INRA Production Animale*, 17 : 385- 393. DOI : Prod_Anim_2004_17_5_05.
- Obike O. M. & Azu K. E. (2012). Phenotypic Correlations among Body Weight, External and Internal Egg Quality Traits of Pearl and Black Strains of Guinea Fowl in a Humid Tropical Environment. *Journal of Animal Science Advance*, **2** (10): 857-864
- Obike O. M., Oke U. K. & Azu K. E. (2011). Comparison of egg production performance and egg quality traits of pearl and black strains of guinea fowl in a humid rain-forest zone of Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, **10** :547-551.
- Ocho L. A., Gnakri D., Keli J. Z., Boa D. & Sylla S. (2001). Effet clonal sur la production et la composition chimique de la graine d'hévéa (*Hevea brasiliensis*). *Journal de la Société Ouest-Africaine de la Chimie*, 1-13.
- Ocho-Anin A. L., 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. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, **6** (3-4) : 195-198.
- Odunsi A. A., Ogunleke M. O., Alagbe O. S. & Ajani T. O. (2002). Effect of Feeding *Gliricidia Sepium* Leaf Meal on the Performance and Egg Quality of Layers. *International Journal of Poultry Science*, **1** (1): 26-28.

- Oguntona T. & Hughes B. L. (1988). Cholesterol and Fatty Acid Content of Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Egg. Department of Poultry Science, College of Agricultural Science. *Food Chemistry*, **30** (1988), 211-217.
- Oladokun V. O. & Johnson A. (2012). Feedformulation problem in Nigerian poultry farms: a mathematical programming approach. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, **3** (1): 14-20. DOI: 10.5251/ajsir.2012.3.1.14.20
- Olomu J. M. & Offiong S. A. (1980). The effects of different protein and energy levels and times of change from starter to finisher ration on the performance of broiler chickens in the tropics. *Poultry Science*, **59** (4): 828-835.
- Olomu J. M. (1983). Aspect of the nutrition of the guinea fowl. In: The Helmet Guinea Fowl (Eds Ayeni J.S.O., Olomu J.M. and Aire T.A.), Kainji Lake Research Institute, new Bussa, Nigeria, 108-120.
- Omale J. & Emmanuel T. F. (2010). Phytochemical composition, bioactivity and wound healing potential of *Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae) leaf extract. *International Journal on Pharmaceutical and Biomedical Research*, **1** (1): 54-63.
- Omitoyin B. O. & Faturoti E. O. (2000). Effect of raw and parboiled chicken offal in the diet of *Clarias gariepinus*. *Aquabyte*, **1** : 20-25.
- OMS (2014). Cardiovascular diseases. Global status report on noncommunicable diseases, www.who.int/cardiovascular_diseases/fr/ (Consulté le 26/09/2015), 1-4.
- OMS (2015). Les maladies cardio-vasculaires : des tueurs silencieux. Aide-mémoire, janvier 2015. www.lenational.org/les-maladies-cardio-vasculaires-des-tueurs-silencieux. Consulter le [25/06/2017](http://www.lenational.org/les-maladies-cardio-vasculaires-des-tueurs-silencieux), 32-34.
- Orhan H., Erensaying C. & Aktan S. (2001). Determining egg quality characteristics of Japanese quails (*Coturnix Coturnix Japonica*) at different ages. *Journal of Animal Production*, **42**: 44-49.
- Oyelese O. A., Taiwo V. O., Ogunsanmi A. & Faturoti E. O. (1999). Toxicological effect of cassava peels on haematology, serum biochemistry, tissues pathology of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Tropical Veterinary*, **17**: 17-30.
- Paganelli C. V., Olszowka A. & Ar A. (1974). The avian egg: surface area, volume, and density. *The Condor* **76** :319-325.

- Panhéleux M., Bain M., Fernandez M., Gautron J., Arias J., Solomon S., Hincke M. & Nys Y. (1997). Etude comparative de la structure et de la matrice organique de coquille d'oeufs de différentes espèces d'oiseaux domestiques. Deuxièmes journées de la recherche Avicole, Tours 8-10 Avril 1997. 267-270.
- Pâquerette (2010). Les pintades et leurs coloris rares. <http://association-ferme.org/articleles-pintades-et-leurs-coloris-rares-48768373.html>.
- Pasin G., Smith G. M. & O'mahony M. (1998). Rapid determination of total cholesterol in egg yolk using commercial diagnostic cholesterol reagent. *Food Chemistry*, **61**: 255-259.
- Peebles E. D. & Brake J. (1987). Eggshell quality and hatchability in broiler breeder's eggs. *Poultry Science*, **66**:596-604.
- Peiretti P. G. & Meinerri G. (2010). Effects of diets with increasing levels of golden flaxseed on carcass characteristics, meat quality and lipid traits of growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science*, **9** (70): 1022-1024.
- Peiretti P.G. & Gai F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, **148**: 267-275.
- Peiretti P.G., Gasco L., Brugiapaglia A. & Gai F. (2011). Effects of perilla (*Perilla frutescens* L.) seeds supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of rabbits. *Livestock Science*, **138** : 118-124.
- Perreault V. (2015). Développement d'antioxydants pour les huiles de friture et contribution à l'étude du mécanisme de formation des monomères cycliques à partir d'acides gras oméga-3. Mémoire, Maîtrise en sciences et technologie des aliments, Université Laval, 145 p.
- Petrović M., Karačić V., Mazija H., Vahčić N. & Medić H. (2016). Stability and sensory evaluation of eggs produced by addition of different amount of linseed oil into feed. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, **11** (1-2): 41-48.
- Pineau N., Goupil de Bouillé A., Lepage M., Lenfant F., Schlich P., Martin N. & Rytz A. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference*, **26** (2): 159-165.
- Popa V.-M., Gruia A., Raba D.-N., Dumbrava D., Moldovan C., Bordean D. & Mateescu C. (2012). Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) from Romania. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **18** : 136-140.

- Protais J. (1988). La qualité de l'œuf de consommation. *L'aviculture Française*, Editions Rosset, 761-772.
- Puskarczyk E. (2006). Aspects toxicocinétiques, toxicodynamiques et thérapeutiques actuels de l'intoxication aiguë à l'ion cyanure. Thèse : grade de Docteur en Médecine. Faculté de Médecine de Nancy.
- Ravindran V. & Blair R. (1993). Feed resources for poultry production in Asia and Pacific. III. Animal protein sources. *World Poultry Sciences Journal*, **49**: 219-235.
- Re R., Pellegrini N., Protrggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, **26**: 1231-1237.
- Regost C. (2001). Effets des lipides sur la qualité nutritionnelle, Physique et organoleptique de la chair de la Truite fario (*Salmo trutta*) et du turbot (*Psetta maxima*). Thèse de Doctorat, Université De Rennes 1. Ecole Doctorale Vie - Agronomie – Santé. 194 p.
- Reiner G., Dorau H. P. & Dzapo V. (1995). Cholesterol content, nutrients and fatty acid profiles of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. *Archiv für Geflügelkunde*, **59**: 65-68.
- Roberts J. R. (2004). Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *The journal of poultry science*, **41** (3): 161-177. DOI <https://doi.org/10.2141/jpsa.41.161>
- Robinson D. & Singh D. N. (2001). Alternative protein sources for laying hens. A report for the *Rural Industries Research and Development Corporation* publication, 144-151.
- Rostagno H. S., Albino L. F. T., Donzele J. L., Gomes P. C., De Oliveira R. F., Lopes D. C., Ferreira A. S. & Barreto S. L. De T. (2005). Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG : Universidade Federal de Viçosa, 186 p.
- Royter Y. & Arutyunyan W. (1990). Selection of guinea fowl for parental flock (in Russian). *Ptisevodstvo*, **12**: 16-18
- Royter Y. (1991). Breeding work with guinea fowl (in Russian). *Ptisevodstvo*, **12**: 36-38.
- Rozin P. (1990). Development in the food domain. *Developmental Psychology*, **26** (4), 555-562.

- Saidi S., Deratani A., Belleville M. P. & Amar R. B. (2014). Antioxidant properties of peptide fractions from tuna dark muscle protein by-product hydrolysate produced by membrane fractionation process. *Food Research International*, **65**: 329-336.
- Saina H., Kusina N. T., Kusina J. F., Bhebhe E. & Lebel S. (2005). Guinea fowl production by indigenous farmers in Zimbabwe. *Livestock Research Rural Development*, **17** (9): 1-8.
- Salganik M. J. & Heckathorn D. D. (2004). Sampling and estimation in hidden populations using respondent-driven sampling. In *Sociological Methodology*, R.M. *Stolzenberg*, ed. Blackwell Publishing, Boston, USA, **34**: 193-239.
- Salifou C. F. A., Youssao A. K. I., Ahounou G. S., Tougan P. U., Farougou S., Mensah G. A. & Clinquart A. (2013). Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Annales de la Médecine Vétérinaire*, **157**: 27-42.
- Samandoulougou S., Ilboudo A. J., Sanon O. G., Bagré T. S., Tapsoba W. F., Compaoré H., Dao A., Zoungrana A., Savadogo A. & Traoré A. S. (2016). Qualité physico-chimique et nutritionnelle des œufs de poule locale et de race améliorée consommés à Ouagadougou au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **10** (2): 737-748.
- Samli H. E., Agma A. & Senkoylu N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Journal Applied Poultry Research*, **14**: 548-53.
- Sandrine L. (2004). Diversité structurale et d'activité biologique des Albumines entomotoxiques de type 1b des graines de Légumineuses. Thèse de doctorat en Biochimie [q-bio.BM]. INSA de Lyon, 2004. Français. <tel-00007903>, 145 p.
- Sanfo R., Boly H., Sawadogo L. & Brian O. (2009). Performances de production de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système de conduite améliorée dans le Plateau Central du Burkina Faso. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, **7** (S): 115-121.
- 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). Caractéristiques de l'élevage villageois de la pintade locale (*Numida meleagris*) au centre du Burkina Faso. *Tropicicultura*, **25** (1): 31-36.

- Sanfo R., Boly H., Sawadogo L. & Ogle B. (2008). Performances ponderales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales (RASPA)*, **61**: 135-140.
- Sanfo R., Ouoba Ima S., Salissou I. & Tamboura H. H. (2014). Int. Etude comparative de l'exploitation traditionnelle de la pintade locale (*Numida meleagris*) dans deux villages, Toêghin et Sambonaye, au Burkina Faso. *Journal of Biological and Chemical Sciences*. **8** (4): 1493-1503.
- Sargent J., Henderson R. J. & Tocher D. R. (1989). The lipids. In: Fish Nutrition. J.E. Halver (Eds), *Academic Press, Inc.*, 153-218.
- Sarica M. & Erensayin C. (2009). Poultry Products. In: Turkoglu M., M. Sarica: *Poultry Science* 2009. Bey-Ofset, Ankara, Turkey, ISBN (Not available), 89-138
- Sarkar K. & Bell J. G. (2006). Potentiel du poulet indigène et son rôle dans la lutte contre la pauvreté et dans la sécurité alimentaire pour les ménages ruraux. *Bulletin RIDAF*, **16** (2): 16-28.
- Sauveur B. (1988). Structure, composition et valeur nutritionnelle de l'œuf. In *Reproduction des volailles et production d'œufs*. INRA eds., INRA, Paris, 449 p.
- Sauveur B. (1991). Mode d'élevage des poules et qualité de l'œuf de consommation. INRA, *Productions Animales*, **4** (2): 123-130
- Sauveur B., Zybko A. & Colas B. (1979). Protéines alimentaires et qualité de l'œuf. Effet de quelques protéines sur la qualité interne de l'œuf et les propriétés fonctionnelles. *Annales Zootechniques*, 1979, **28** (3): 271-295
- Sayila A. (2009). Guinea fowl farming becomes popular in Botswana. *World Poultry*, 25(10): 1-19
- Schlesier K., Harwat M., Bohm V. & Bitsch R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, **36**: 177–187.
- Schlich P., Deglaire A., Cordelle S., Urbano C., Biguzzi C. & Martin C. (2010). Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques*, **10**: 95-114.
- Schmelzer G.H. & Gurib-Fakim A. (2008). Ressources végétales de l'Afrique tropicale Plantes médicinales 1, **11** (1) : 3-34, www.google.recherche Consulté le 30/ 09/ 2015.

- Scott T. A., Kampen R. & Silversides F. G. (1999). The effect of phosphorus, Phytase enzyme and calcium on the performance of layers fed corn-based diets. *Poultry Science*. **78**: 1742-1749.
- Selvan S. T., Gopi H., Natrajan A., Pandian C. & Babu M. (2014). Physical characteristics, chemical composition and fatty acid profile of ostrich eggs. *International Journal of Science, Environment and Technology*, **3** (6): 2242- 2249.
- Shakeel A. (2010). Effect of supplementing dietary sources of n-3 fatty acids and vitamin a on laying performance, egg quality and immune response in laying hens. Thèse de doctorat. University of Agriculture Faisalabad, Faisalabad, 148 p.
- Sharp P. F. & Powell C. K. (1930). Decrease internal quality of hen's eggs during storage as indicated by the yolk ind. *Engineering Chemistry*. **22**: 909-910.
- Silversides F., Scott T., Korver D., Afsharmannesh R. & Hruby M. (2006). A study on the interaction of xylase and phytase enzymes in wheat based diets fed to commercial white and brown laying hens. *Poultry Science*, **85**: 297-305.
- Simopoulos A. P. & Robinson J. (1998). The omega plans. Harper Collins Publishers, New York, 21-46.
- Simopoulos A. P. (2000). Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*; **79**: 961-70.
- Singer P., Melzer S., Goschel M. & Augustin S. (1990). Fish oil amplifies the effect of propranolol in mild essential hypertension. *Hypertension*, **16**: 682-691.
- Smaniotto B. D., Amarante A. F., Altarugio R., Silva I. G. O., Corrêa I. M. O., Pereira L. Q., Sartori M. M. P., Andreatti F. R. L., Guimarães-Okamoto P. T. C. & Okamoto A. S. (2017). Age influence on quality of shell and penetration in bacterial laying lightweight eggs. *Arq. Bras. Medicina Veterinária Zootécnica*, **69** (5): 1301-1310.
- Sogbesan A.O. & Ugwumba A. A. A. (2008). Nutritional Values of Some Non-Conventional Animal Protein Feedstuffs Used as Fishmeal Supplement in Aquaculture Practices in Nigeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **8**: 159-164.
- Sogbesan O. A, Adebisi A. A., Falaye B.A. & Okaeme B. N. (2006). Some aspects of dietary protein deficiency diseases in semi-intensive cultured fishes. A review. *Journal of Arid Zone Fish*, **2** (1): 80-89.

- Sogunle O. M., Ayoade A. A., Fafiolu A. O., Bello K. O., Ekunseita D. A., Safiyu K. K. & Odotayo O. J. (2017). Evaluation of external and internal traits of eggs from three poultry species at different storage durations in tropical environment. *Nigerian Journal Animal Science*, **2**: 177-189.
- Solms J. (1969). The taste of amino acids, peptides and proteins. *Journal Agrie Food Chemical*, **17**: 686-688.
- Sonaiya E. B. (2005). Research, development and outreach in family poultry in Nigeria. Proceedings of 4th International Poultry Show and Seminar, 2005, *World's Poultry Science Association*, Bangladesh Branch: 157-161.
- Song K. T., Choi S. H. & Oh H. R. (2000). A Comparison of Egg quality of Pheasant, Chukar, Quail and Guinea fowl. *Asian – Australian Journal Animal Science*, **13** (7): 986-990.
- Souza J. G., Costa F. G. P., Queiroga R. C. R. E., Silva J. H. V., Schuler A. R. P. & Goulart C. C. (2008). Fatty Acid Profile of Eggs of Semi-Heavy Layers Fed Feeds containing Linseed Oil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, ISSN 1516-635X Jan - Mar 2008, **10** (1): 37-44.
- Sow T. M. A. & Grongnet J. F. (2010). Sensory characteristics and consumer preference for chicken meat in Guinea. *Poultry Science*, **89**: 2281-2292 doi: 10.3382/ps.2010-0067.
- Stadelman W. J. (1977). Quality preservation of shell eggs. In *Egg Science and Technology* (2 edition) (Ed. W. J. Stadelman and O. J. Cotterill). AVI publ. Co., Inc., Westport, C. T., 41-47.
- Steinberg W., Grashorn M. A., Klünter A. M. & Schierle J. (2000). Comparative pigmentation efficacy of two products containing either apo-ester or Tagetes extracts in egg yolks and liquid eggs. *Archiv fur Geflugelkunde*, **64**: 180-187.
- Sturkie P. D. (1986). *Avian Physiology*. © Springer-verlag New York, Inc: 1-71.
- Surai A. P., Surai P. F., Steinberg W., Wakeman W.G., Speake B. K. & Sparks N. H. C. (2003). Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick. *British Poultry Science*, **44** (4): 612–619.
- Swain B. K., Naik P. K. & Singh N. P. (2014). Unconventional feed resources for efficient poultry production. *Technical Bulletin No. 47*, ICAR-ICAR Research Complex for Goa, Old Goa 403 402, Goa, India, 1-5

- Takeuchi Y., Nishimura K., Aoki N., Adachi T., Sato C., Kitajima K. & Matsuda T. (1999). A 42-kDa glycoprotein from chicken egg-envelope, an avian homolog of the ZPC family glycoproteins in mammalian zona pellucida - Its first identification, cDNA cloning and granulosa cell-specific expression. *European Journal of Biochemistry*, **260** (3), 736-742.
- Teow C. C., Truong V. D., Mc Feeters R. F., Thompson R. L., Pecota K. V. & Yencho G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, **103**: 829-838.
- Terroine E. F. & Belin P. (1927). Influence de l'alimentation sur la composition quantitative de l'œuf de poule. *Bulletin Society Chemical and Biological*, **2**: 1074-1084.
- Thivend P. Mercier C. & Guilbot A. (1965). Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Annales de biologie animale, biochimie, biophysique*, **5** (4) : 513-526. hal-00896310
- Thomas A. (2017). Analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (UMR 6265 CNRS - UMR 1324 INRA - UBFC - AgroSup Dijon), 325 p.
- Tossou M. L., Chrysostome A. A. M. C., Houndonougbo M. F., Tougan P. U., Behingan M. B., Salifou S. & Abiola A. F. (2015). Effet de la souche et du système sur la qualité des œufs de trois souches de poules pondeuses élevées au sud du Bénin. *Afrique Science*, **11** (5): 294-305.
- Trautwein E. A. (2001). N-3 fatty acids physiological and technical aspects for their use in food. *European Journal of Lipid Science Technological*; **103**: 45-55.
- Travel N. A., Lopes Y. & Estelle (2010). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. From the *journal INRA Productions Animales* 2 (23), 155-166.
- USDA. (2000). (U.S. Department of Agriculture). United States standards, grades, and weight classes for shell eggs. AMS 56.210. AMS. Washington, DC: USA, 183-211.
- Van Elswyk M. E., Hatch S. D., Stella G. G., Mayo P. K. & Kubena K. S. (1998). Poultry-based alternatives for enhancing the ω 3 fatty acid content of American diets. In *The Return of ω 3 Fatty Acids into the Food Supply*, Karger Publishers, **83**: 102-115.

- Vickers Z. M. & Holton E. (1998). A comparison of taste test ratings, repeated consumption, and postconsumption ratings of different strengths of iced tea. *Journal of Sensory Studies*, **13**: 199-212
- Wall H., Jönsson L. & Johansson L. (2010). Effects on egg quality traits of genotype and diets with mussel meal or wheat-distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* **89**: 745-751
- Wang X., Zhang H., Wang H., Wang J., Wu S. & Qi G. (2017). Effect of dietary protein sources on production performance, egg quality and plasma parameters of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **30**: 400-409.
- Weill P., Schmitt B., Chesneau G., Daniel N., Safraou F. & Legrand P. (2002). Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Annals of Nutrition and Metabolism*; **46**: 182-91.
- Whitehead C. C. (1995). Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats Author links open overlay panel. *Animal Feed Science and Technology*, **53** (2): 91-98.
- Williams C. A., Houtt J. R. S., Harborne J. B. & Greenham J. (1995). Phytochemistry, **38** (1): 267.
- Wilson S. & Thorp B. H. (1998). Estrogen and Cancellous Bone Loss in the Fowl. *Calcified Tissue International* **62** (6): 506-511.
- Wistedt A. (2013). Shell Formation and Bone Strength in Laying Hens. Effects of Age, Daidzein and Exogenous Estrogen. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala, 73p.
- Wood J. E., Senthilmohan S. T. & Peskin A. V. (2002). Antioxydant activity of procyanidin containing plant extracts at different pHs. *Journal of Food chemistry*, **77**: 155-161. [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00329-6](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00329-6).
- Xlstat 2014.5.03 (Copyright 1995-2014 Addinsoft SARL, Paris, France).
- Xu J., Nakamura M. T., Cho H. P. & Clark S. D. (1999). Sterol regulatory element binding protein-1 expression is suppressed by dietary polyunsaturated fatty acids. *The Journal of Biological and Chemical Sciences*, **274**: 23577-23583.

- Yamak U. S., Boz M. A. & Sarica M. (2015). Changes in guinea fowl fertility and hatching traits over a 4-month laying season with long-term egg storage conditions. *Indian Journal Animal Research*, **49** (4) : 532-536.
- Yéo A. D. (2011). Effets du tourteau détoxique de *Jatropha curcas* sur la croissance des coquelets au démarrage et sur la ponte. Mémoire de fin d'études. Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, 55 p.
- Yeong S.W., Seyd-Ali A. B., Yusof N. (1981). The use of rubber seed meal in poultry. 11 The effect of rubber seed meal in layer diets. *Mardi Research Bulletin*, **9** (1): 92-96.
- Yildirim A. (2012). Nutrition of Guinea Fowl Breeders: a Review. Gaziosmanpasa University, Faculty of Agriculture, *Journal of Animal Science Advance*, **2** (2): 188-193.
- Yo T., Picard M., Guerin H. & Dauvilliers P. (1995). Alimentation séparée (céréales graines entières + aliment complémentaire granulé + coquilles d'huître) des poulettes et des poules pondeuses en climat chaud. *Revue Élevage de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1995, **48** (1): 67-76
- Yu C. L., Ter H. C., Ying C. W. & Fa J. T. (2017). Determination of the quality of stripe-marked and cracked eggs during storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **30** (7): 1013-1020
- Yuceer M. & Caner C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal Science Food Agricultural*, **94** :153-62.
- Zaman M., Sorensen P. & Howlider M. (2004). Egg production performance of a breed and three crossbreds under semi-scavenging system of management. *Livestock Research for Rural development*. **16** (8): 321-326. www.cipav.org.co/1rrd/1rrd16/8/zama16060.htm.
- Zita L., Ledvinka Z. & Klesalová L. (2013). The effect of the age of Japanese quails on certain egg quality traits and their relationships. *Veterinarski Arhiv*, **83** (2): 223-232
- Zvakare P., Mugabe P. H. & Mutibvu T. (2018). Guinea fowl (*Numida meleagris*) production by small-holder farmers in Zimbabwe. *Tropical Animal Health Production*. **50**: 373–380.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête des éleveurs de pintades

QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE DES ÉLEVEURS DE PINTADE : N°.....

I- Identification du site d'enquête N°.....

Région Département :

Sous-Préfecture : Village :

II- Identification de l'éleveur de Pintades

Nom Prénoms :

Sexe : Masculin ..Féminin...

Age :

Nationalité : IvoirienneAutre

Religion : ...ChrétienneMusulmane.......Autre.........

Niveau d'étude : Non scolariséPrimaire:.....Etude du secondaire..Niveau lycée

Situation matrimoniale : ...MariéCélibataire ..

Nombre épouses : Nombre d'enfants :Ancienneté (en mois) :

Contacts.....

III- Paramètres économiques de l'éleveur de Pintades

1- Effectif des pintades :

2- Nombre de femelles :Nombre de mâle :

3- Objectif : Vente......Consommation......Vente et consommation

4- Prix de vente d'une pintade :

5- Prix de vente d'un œuf :

6- Mode de la vente : DirectIndirect

7- Mode d'acquisition du cheptel : Achat......DonAutres

8- Financement :AutoExtérieur

IV- Paramètres de reproduction des pintades

- 1- Système d'élevage : IntensifSemi-intensif ... Extensif ...
- 2- Age d'entrée en ponte des pintades :
- 3- Apport d'aliments : OuiNon .
- 4- Achat d'aliments : OuiNon
- 5- Coût de l'aliment :
- 6- Saison favorable pour la ponte : Saison pluvieuse ...Saison sèche
- 7- Sexe ratio (nombre de femelles/ mâle) :
- 8- Lieu de ponte : PondoirCage ... Brousse .
- 9- Nombre d'œufs par pintades par an :
- 10- Age de la maturité sexuelle du mâle
- 11- Age de la maturité sexuelle de la femelle
- 12- Sélection du mâle : OuiNon
- 13- Sélection de la femelle : OuiNon
- 14- Méthode de couvaison des œufs : CouveusePoule ..Pintade
- 15- Nombre d'œufs couvés par la poule :
- 16- Durée d'incubation :
- 17- Taux d'éclosion:
- 18- Couleur des coquilles :
- 19- Couleur dominante :
- 20- Saison favorable pour l'éclosion des œufs : Saison pluvieuseSaison sèche .

III- Matériel d'élevage

- 1- Présence de mangeoire : OuiNon ..
- 2- Nombre :
- 3- Présence d'abreuvoir : OuiNon
- 4- Nombre :
- 5- Pondoir : Oui Non
- 6- Nombre :

Annexe 2: Fiche d'enquête des revendeurs d'œufs de pintades

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE DES REVENDEURS D'ŒUFS DE PINTADE :

N°.....

I- Identification du site d'enquête N°.....

Région Département :

Sous-Préfecture : Village :

II- Identification des revendeurs d'œufs de Pintades

NomPrénoms :

Sexe : Masculin ..Féminin...

Age :

Nationalité : IvoirienneAutre

Réligion : ...ChrétienneMusulmanne......Autre........

Niveau d'étude : Non scolariséPrimaire:....Collège...au moins lycée.......

Situation matrimoniale : ...MariéCélibataire ..

Nombre épouses : Nombre d'enfants :Ancienneté (en mois) :

Contacts.....

III- Commercialisation

1- Lieu d'achat des œufs : Ferme Marché Particulier Autre

2- Lieu de vente des œufs : . Marché ...Maison.......Autre

3- Prix d'achat d'un œuf

4- Prix de vente d'un œuf

5- Prix d'achat d'une pintade :

6- Prix de vente d'une pintade :

7- Pourquoi aviez-vous choisi de vendre l'œuf de pintades ?

8- Nombre d'œufs vendus par jour

9- Pourquoi l'œuf de pintade est-il cher ?

10- Obteniez-vous facilement les œufs ? oui non

- 11- Revenu mensuel :
- 12- Pourquoi les œufs de pintades ne sont pas exposés à la vente ?.....
- 13- Comment reconnaît-on un vendeur d'œuf de pintades ?
- 14- Durée de stockage des œufs :
- 15- Que saviez-vous de l'usage de l'œuf ? Sacrifice éclosion consommation autre
- 16- Profession des clients : Féticheur marabout éleveur autre
- 17- Consommiez-vous l'œuf de pintades ? oui non
- 18- Fréquence de consommation : Fréquemment occasionnellement rarement
- 19- Sous quelle forme mangez-vous l'œuf de pintade ? préparée omelette crue
- 20- Observiez-vous une différence de goût par rapport à l'œuf de poule ? oui non
- 21- Est –il de meilleur goût que l'œuf de poule ? oui non

Annexe 3: Prophylaxie médicale des pintades

Traitements et produits	Maladies ou vitamine	Méthodes	Age (jr)	Durée
Sealyte	Stress	Trempage de bec	1	6h
Super vita sol	Vitamine	Eau de boisson	2	3jr
Vigosine	Antistress	Eau de boisson	6	1jr
Vaccin HB1+H120	Bronchite infectieuse et Newcastle	Trempage de bec	7	2h
Vigosine	Antistress	Eau de boisson	8	2jrs
Vaccin gumboro	Peste aviaire	Trempage de bec	10	2h
Vigosine	Antistress	Eau de boisson	11	3jrs
Rappel gumboro	Peste aviaire	Trempage de bec	14	2h
Super vita sol	vitamine	Eau de boisson	15	2jrs
Eau simple	Eau simple	Eau de boisson	17	1jr
Vetacox	anticoccidien	Eau de boisson	18	3jrs
Rappel lasota H120		Trempage de bec	21	2h
Vigosine	Vitamine + diurétique	Eau de boisson	22	3jrs
Oxy-doxy+super vita sol	Antibiotique+vitamine	Eau de boisson	40	3jrs

Annexe 4: Fiche du test organoleptique

1- Ordre de préférence

Une assiette contenant trois échantillons d'œufs (A, B et C) issus de trois régimes, vous ait présenté. Il vous ait demandé de classer ces échantillons selon votre préférence, du meilleur au moins bon (1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème}).

Ordre de Préférence	Echantillons (A, B et C)
1 ^{er}	
2 ^{ème}	
3 ^{ème}	

2- Evaluation

2.1- La préférence est due à :

Texture : oui non ; Goût: oui non ; Odeur: oui non ; Couleur : oui non

Texture (ferme, gélatineuse, huileux, collant, pâteux, fondant, croquant, élastique, granuleux)

Goût (piquant, salé, sucré, umami, astringent, acide, amer, rance)

Odeur (Poisson, autres) Couleur (jaune)

2.2- Notation

Vous attribuez des notes pour chaque échantillon sur chacun des critères. La méthode de notation est la suivante (1 = goût extrêmement faible, aucune odeur, couleur du jaune extrêmement faible et extrêmement réprouvé; 10 = goût extrêmement fort, odeur extrêmement bonne, couleur du jaune extrêmement élevée, et extrêmement prisé)

Critères	Echantillon (A)	Echantillon (B)	Echantillon (C)
Préférence			
Texture			
Goût			
Odeur			
Couleur du jaune			

**COMMUNICATIONS ET
PUBLICATIONS ISSUES DE LA
THÈSE**

Résumé présenté pendant la 3^{ème} édition des doctoriales conjointes de l'EDP 2017

Diagnostic sur la production des Œufs de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire

KOUASSI Gouha Firmin¹, KONE Gningnini Alain¹, KOUAKOU N'goran David Vincent¹, ASSIDJO Nogbou Emmanuel¹, KOUBA Maryline²

¹Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, B.P. 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²INRA-AGROCAMPUS OUEST, UMR 1348 PEGASE ; Domaine de la Prise. 35590 St Gilles, France

Résumé

L'œuf de pintade joue un important rôle socio-économique, nutritionnel et thérapeutique pour les populations. Malgré ce potentiel, il est très difficile d'en trouver sur les marchés ivoiriens à cause de sa faible productivité. L'objectif de cette étude est d'assurer une meilleure connaissance des facteurs liés à la faible production des œufs de pintade. A cet effet, une enquête technico-socio-économique transversale et rétrospective basée sur une méthode non probabiliste dite en « boule-de-neige » a été menée en 2016 sur 197 éleveurs de pintades dans 15 régions retenues à partir d'un tirage aléatoire sur 31 régions que compte la Côte d'Ivoire. Les caractéristiques des facteurs de production des œufs ont été déterminées à partir d'une analyse descriptive des données d'enquête. L'arbre à problème, outil d'analyse relationnelle a été utilisé pour la réalisation de l'analyse des causes et les effets. Il ressort de l'enquête que la mélagriculture est pratiquée dans un système extensif (59,4%) avec (86,8%) de jeunes dont l'âge est compris entre 18 et 59 ans. Les femmes participent activement à cette activité et représentent 6,1% des éleveurs enquêtés. Pour 88,3% des éleveurs, la reproduction des pintades a lieu pendant la saison pluvieuse. Le sex-ratio appliqué par les éleveurs (86,3%) est inférieur ou égal à 3 femelles pour un mâle. Une pintade pouvait pondre en moyenne $116 \pm 47,7$ œufs par an. L'objectif principal de 94,9% des éleveurs est la vente et la consommation des produits d'élevage. L'œuf coûte en moyenne $80 \pm 51,7$ FCFA. De l'analyse de la situation actuelle de production des œufs de pintades, les principales raisons de la faible productivité sont : activité négligée, mauvaise conduite de l'élevage, non satisfaction des besoins nutritionnels des oiseaux, absence de financement. Des solutions doivent être trouvées pour accroître la production des œufs pour le bonheur des éleveurs et satisfaire les besoins des consommateurs.

Mots clés : diagnostic, mélagriculture, système d'élevage, production, besoins nutritionnels



Diagnostic sur la production des œufs de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire

Kouassi¹ G. F., Koné¹ G. A., Kouakou¹ N. D. V., Assidjo¹ N. E., Kouba² M.

Introduction

L'œuf de pintade joue un important rôle socio-économique, nutritionnel et thérapeutique pour les populations. Malgré ce potentiel, il est très difficile d'en trouver sur les marchés ivoiriens à cause de sa faible productivité. L'objectif de cette étude est d'assurer une meilleure connaissance des facteurs liés à la faible production des œufs de pintade.

Matériel et méthodes

Une enquête technico-socio-économique transversale et rétrospective basée sur une méthode non probabiliste dite en « boule-de-neige » a été menée en 2016 sur 197 éleveurs de pintades dans 15 de Côte d'Ivoire. Les facteurs liés à la production des œufs des pintades ont été déterminés à partir d'une analyse descriptive des données d'enquête. L'arbre à problème, outil d'analyse relationnelle a été utilisé pour la réalisation de l'analyse des causes et les effets. L'ensemble des tests statistiques a été réalisé à l'aide des logiciels R 3.3.2. et XLSTAT (2014. 05. 03).

Résultats et discussion

Caractéristiques des éleveurs

- 93,9% hommes
- 6,1 % femmes
- 91% ivoiriens
- 45,7% Non scolarisés
- 60% élevage extensif

Extensif
59,4%



systèmes d'élevage



Semi-intensif 25,4%



Intensif 15,2%

Paramètres de reproduction

Sex-ratio (86,3%)	Nombre d'œufs/Pintade/an	Saison favorable de ponte (88,3%)
1 à 3 femelles/ mâle	116±47,7	Pluvieuse

Prix moyen d'un œuf de pintade chez les éleveurs

80±51,7 F CFA

Conclusion

En Côte d'Ivoire, la mélagriculture est encore traditionnelle. Elle est pratiquée par toutes les couches de la société sur l'ensemble du pays. Bien que présentant des avantages nutritionnels, socio-économiques et thérapeutiques, les œufs produits sont insuffisants pour satisfaire les besoins des populations. La négligence de la part des éleveurs, la mauvaise conduite de l'élevage, la non satisfaction des besoins nutritionnels des oiseaux et l'absence de financement sont entre autres les difficultés auxquelles sont confrontés ce secteur. Des solutions doivent être trouvées afin d'accroître la production des œufs pour le bonheur des éleveurs et satisfaire les besoins des consommateurs.

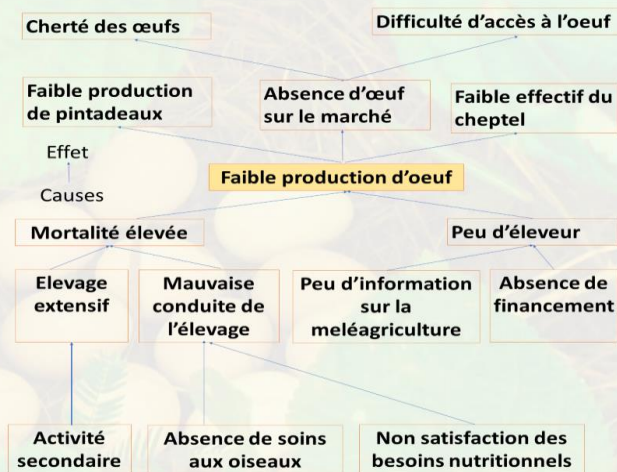


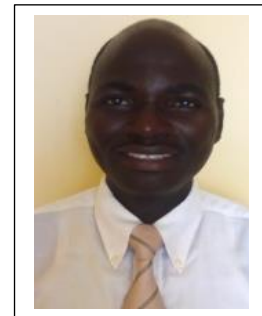
Figure 1: Arbre à problème pour faible production d'œuf de pintades

1. INP-HB, B.P. 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire (www.inphb.edu.ci)

2. PEGASE, Agrocampus Ouest INRA, 35590, Saint-Gilles, France (www.rennes.inra.fr)

Résumé présenté pendant la 4^{ème} doctorale thématique de l'EDP 2018

Effets de l'ingestion d'un aliment industriel supplémenté des sources d'oméga-3 sur la qualité des œufs de pintades de chair en système de conduite améliorée en Côte d'Ivoire.



Gouha Firmin KOUASSI*, Gningnini Alain KONE, N'Goran David Vincent KOUAKOU, Nogbou Emmanuel ASSIDJO, Maryline KOUBA
UMRI 58 E-mail : gouhafirmin@gmail.com

En Côte d'Ivoire, les aliments industriels destinés aux volailles augmentent la teneur en cholestérol de l'œuf (1). Ce qui est susceptible d'augmenter les risques d'exposition aux maladies cardiovasculaires pour le consommateur (2).

Cette étude vise à déterminer en 15 jours d'alimentation, l'effet de la supplémentation à l'aliment commercial "FACI" par deux sources locales non conventionnelles riches en acides gras polyinsaturés oméga-3 (AGPI n-3) que sont des graines d'*Euphorbia heterophylla*, et du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis* sur la qualité des œufs de pintades de chair (*Numida meleagris*). 27 pintades femelles de 42 semaines d'âge divisées en trois lots ont été soumises à trois régimes alimentaires dont un régime témoin (RT) constitué de 100% d'aliment commercial "FACI", un régime expérimental (RE) dont le témoin est supplémenté de 5% de graines d'*Euphorbia heterophylla* et le troisième régime (RH) avec le témoin supplémenté de 5% de tourteaux de graines d'*Hevea brasiliensis*. Les régimes étaient iso-protéiques et iso-énergétiques métabolisables ($P > 0,05$). Les analyses ont montré une amélioration des paramètres de production des œufs pour les pintades issues des régimes expérimentaux. Une baisse de lipide brut et du cholestérol total du jaune d'œuf issu du régime RE respectivement de 15,68 et 19,22% a été observée. En 15 jours d'alimentation, les graines d'*Euphorbia heterophylla* et le tourteau de graines d'*Hevea brasiliensis* ont amélioré la production des œufs de pintades ainsi que la qualité nutritionnelle de ses œufs.

Mots clés : *Euphorbia heterophylla*, *Hevea brasiliensis*, pintade, œuf, iso-énergétique et oméga-3.

- (1) Koffi K. F., Kouakou N'g. D. V., 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* 101:9610 – 9617
- (2) Morozova S., Suc-Royer I. & Auwerx J. (2004). Modulateurs du métabolisme du cholestérol et avenir du traitement de l'athérosclérose. *Méd/Sc* 2004 ; 20 (6-7) : 685-90.

Effets de l'ingestion d'un aliment industriel supplémenté des sources d'oméga 3 sur la qualité des œufs de pintades de chair en système de conduite améliorée en Côte d'Ivoire



Kouassi¹ G. F., Koné¹ G. A., Kouakou¹ N. D. V., Assidjo¹ N. E., Kouba² M.



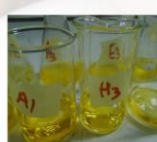
Introduction

En Côte d'Ivoire, les aliments industriels destinés aux volailles augmentent la teneur en cholestérol de l'œuf. Ce qui est susceptible d'augmenter les risques d'exposition aux maladies cardiovasculaires pour le consommateur d'œufs. Cependant, les sources d'oméga 3 ont été démontrées comme les hypocholestérolémiantes.

Cette étude vise à déterminer en 15 jours d'alimentation, l'effet de la supplémentation de l'aliment commercial « FACI » de 5% des graines d'*Euphorbia heterophylla* ou de 5% du tourteau des graines d'*Hévéa brasiliensis* sur la qualité des œufs de pintades de chair.

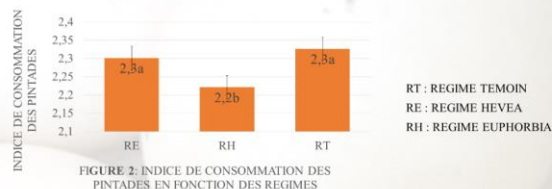
Matériel et méthodes

Les pintades étaient de poids moyen équivalent dans les différents régimes (2449±224 g) et ont reçu chacune 100 g d'aliments par jour et de l'eau à volonté. Les œufs ont été collectés chaque jour par traitement et par cage. Les lipides du jaune des œufs ont été extraits selon la méthode de Folch et al. (1957). Quant à la teneur en cholestérol total du jaune des œufs, elle a été déterminée suivant le protocole décrit par Pasin et al. (1998). Les données exprimées en moyenne ± écart ont été analysées par analyse de variance (ANOVA 1) avec le logiciel XLSTAT, Version 2014). La comparaison multiple des moyennes a été effectuée au seuil de signification de 5 % par le test de Dunnett



1. Graines d'*Hévéa brasiliensis*
2. Graines d'*Euphorbia heterophylla*
3. Pintades
4. Plateau d'œufs
5. Jaune d'œuf
6. Extraits lipidiques de l'œuf

Résultats et discussion



Paramètres Zootechniques des pintades

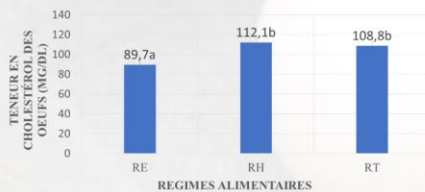


TABLEAU : COUT DE PRODUCTION DE L'ŒUF PAR REGIME

REGIMES	RT	RE	RH	P-VALUE
COUT MOYEN DE PRODUCTION D'UN ŒUF (en Fcfa)	84b	131a	54c	<0,0001

Paramètre nutritionnel

Paramètre économique

Conclusion

Pendant les 15 jours d'alimentation, un effet significatif a été observé au niveau de certains paramètres de qualité des œufs mesurés. Il y a eu plus d'effets au niveau du régime Euphorbia que le régime hévéa.. Il serait nécessaire d'augmenter la durée de distribution pour voir l'effet de cette durée sur la qualité des œufs.

1. INP-HB, B.P. 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire (www.inphb.edu.ci)
2. PEGASE, Agrocampus Ouest INRA, 35590, Saint-Gilles, France (www.rennes.inra.fr)

Yamoussoukro 2018

4^{ème} Doctoriales thématiques de l'EDP, 03 et 06 juillet 2018

Amélioration de la qualité des œufs de pintades par supplémentation d'un aliment commercial par des graines de *Euphorbia heterophylla*



KOUASSI Gouha Firmin I, KONÉ Gningnini Alain I,
ASSIDJO Nougou Emmanuel I, KOUBA Maryline 2



Introduction

Aujourd'hui, les maladies cardiovasculaires (MCV) constituent la première cause de mortalité dans le monde avec 75% des décès en Afrique. La cause principale de ces maladies est le taux élevé de cholestérol et de triglycérides dans le sang de l'homme à travers son alimentation. L'œuf, protéine moins chère est très consommé malgré sa deuxième position par sa teneur en cholestérol après la cervelle. Pour réduire le taux de cholestérol dans l'œuf, il faudra compléter l'aliment de la pouleuse en sources d'acide gras polyinsaturé, les oméga 3. L'objectif de cette étude est donc d'améliorer la qualité des œufs de pintades à partir des oméga 3.

Matériel et méthodes

Les pintades étaient de poids moyen équivalent dans les différents deux régimes (2449±224). Un des régimes était composé d'un aliment témoin (RC) et pour l'autre régime, l'aliment témoin est complété par 5 % de graines de *Euphorbia heterophylla*. A 15 jours d'alimentation, les analyses ont été effectuées. Les données obtenues sont exprimées en moyenne ± écart type par analyse de variance (ANOVA 1) avec le logiciel XLSTAT, Version 2014). La comparaison multiple des moyennes a été effectuée au seuil de signification de 5 % par le test de Dunnett.



Résultats

Tableau : Paramètres Nutritionnels

Paramètres (%)	Régimes	
	RC	RE
Lipide brut du jaune	29,33±1,24a	25,67±1,07b
Cholestérol du jaune (mg/100g)	2175,18±182,05a	1793,82±151,13b
Protéine du jaune	21,16±0,56a	25,29±0,41b
Protéine du blanc	13,90±0,41a	13,04±0,32b
Profil en acide gras (%)		
AGS	42,43±0,44a	41,82±0,68a
AGMI	38,18±0,27a	35,11±0,37b
AGPI	19,40±0,51a	23,07±0,45b
Omega 3 (ω3)	1,63±0,12a	5,50±0,32b
Oméga 6 (ω6)	17,63±0,72a	17,41±0,55a
ω6/ ω3	10,82±0,26a	3,16±0,37b



RC RE



Matière sèche du jaune Matière sèche du blanc

RC = régime témoin ; RE = régime témoin complété de 5 % de la farine des graines de *Euphorbia heterophylla*
a-b les moyennes de la même ligne du même paramètres suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05)
AGS= Acide gras saturé, AGMI= Acide gras mono-insaturé, AGPI= Acide gras polyinsaturé

Conclusion

En 15 jours d'alimentation, les graines de *Euphorbia heterophylla* ont permis de baisser le taux de cholestérol dans le jaune d'œufs. Ce régime a permis d'observer et d'augmenter la teneur en protéine et en oméga 3 des œuf. La supplémentation de l'aliment commercial par les graines de *Euphorbia heterophylla* a permis une amélioration significative de la qualité des œufs de pintades. La consommation de ces œufs enrichis peuvent permettre de réduire le risque de développer des maladies cardiovasculaires.

1. INP-HB, B.P. 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire (www.inphb.edu.ci)
2. PEGASE, Agrocampus Ouest INRA, 35590, Saint-Gilles, France (www.rennes.inra.fr)

Yamoussoukro 2019

5^{ème} Doctoriales thématiques de l'EDP, 10 et 14 juin 2019

Factors Impacting Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Production in Ivory Coast

G. F. Kouassi,* G. A. Koné,* M. Good,[†] and M. Kouba^{‡,1}

*Institut National Polytechnique Felix Houphouët Boigny, BP 1313 Yamoussoukro, Cote d'Ivoire; [†]Independent Researcher and Private Consultant A96, Dun Laoghaire, Ireland; and [‡]UMR 1348 PEGASE, INRA-AGROCAMPUS OUEST, 35042 Rennes Cedex, France

Primary Audience: Ivorian Authorities in Charge of Animal Production

SUMMARY

Guinea fowl production is very important for some countries from a socioeconomic and nutritional perspective. Guinea fowl production is low in the Ivory Coast, even if the demand is high. In order to improve understanding of the factors impacting guinea fowl production, a survey was conducted in 2017 in 8 regions (97 farmers) out of a total of 31 regions in Ivory Coast. The aims were 1) to establish a global typology of farmers; 2) to assess the goal of their enterprise (sale or home consumption), and 3) to classify the farmers on their socioeconomic profile and guinea fowl farming system. The sampling was conducted following a snowball type design (chain referral sampling method), a non-probabilistic method where farmers were selected not from a sampling framework but from a friendship network of the farmers already part of the sample. Guinea fowl production was undertaken by persons from all social levels without distinctions due to education level. The majority of farmers were men with no formal education. They had less than 20 guinea fowl (31% of interviewed farmers) and practiced extensive farming. The majority (66%) of farmers of the survey focused on home consumption of egg and meat with sale of surplus. One of the major challenges for farmers is to control the mortality of young guinea fowl, which can be very high. The development of this breeding activity could contribute to food self-sufficiency in animal protein and contribute to the fight against poverty in Ivorian rural areas

Key words: live guinea fowl, egg, *Numida meleagris*, survey, Ivory Coast

2019 J. Appl. Poult. Res. 28:1382–1388
<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfz079>

DESCRIPTION OF PROBLEM

In the Ivory Coast, poultry farming including chicken, guinea fowl (GF), ducks, turkeys, and pigeons is an essential part of animal production according to the FAO [1] and indeed, poultry meat represents 44% of Ivorian meat

production [2]. Guinea fowl originated from Africa; these birds are indigenous, adapted to the environment, and resistant to many pathologies present in the Ivory Coast. Nevertheless, in the Ivory Coast, GF are considered as expensive luxury poultry although their farming can play an important role in increasing self-sufficiency in animal proteins (eggs and meat). Guinea fowl production provides one of the best opportunities for small farmers and the rural population to access meat and eggs as well

¹Corresponding author: maryline.kouba@agrocampus-ouest.fr

as potential for poverty reduction by revenue generation through sales of live GF and eggs.

The Ivory Coast is an agricultural country where more than 70% of poultry farming is traditional [1]. The cultural context plays an important role in the development of GF farming. We speculate that the poor productivity of GF in Africa is due to constraints faced by farmers in raising the birds, as well as lack of knowledge on how to address the challenges. For example, we can assume that illiterate farmers are unable to improve their GF farming, and to improve their skills because they cannot have access to information or training. For literate farmers, their level of education can also have consequences on their farming skills and farming knowledge.

However, despite the importance of GF farming for the Ivory Coast, research has never been undertaken on this species locally. In 2017, a survey was conducted in 8 regions (97 farmers) from a total of 31 regions in the Ivory Coast. The aim was 1) to establish a typology of GF farmers, 2) to assess their objective (sale or sale and home consumption), and 3) to classify GF farmers on their socioeconomic profile and GF farming system.

MATERIALS AND METHODS

Location of the Survey

Ivory Coast is a West African country with a surface area of about 322,500 km² and, in 2014 a population estimate of 22,671,331 persons. Eight regions were randomly selected for survey from the Ivorian 31 regions; in the North West the regions were Folon and Kabadougou, in the North East Bounkani, in the South East Indenié-Djuablin, in the South West Nawa and San Pedro, in the South GrandsPons and in the West Tonkpi. The validity of the questionnaire was determined using a pilot survey with GF farmers from the suburbs of Yamoussoukro and Bouaflé.

Methodology of the Survey

The study was a transversal survey combined with a retrospective survey. The survey was conducted in 8 regions of the Ivory Coast, with only

one visit to each of the 97 producers of GF eggs and meat. It was carried out in 2017, on the basis of face-to-face interviews.

Farming Systems

According to [1], there are 3 poultry farming systems in Ivory Coast.

- *The extensive system*: the animals are never confined and must scavenge for feed. They are not fed or can receive a very low quantity of grains.
- *The semi-intensive system*: the animals can have hand-made houses, especially for the night, they are fed a homemade mixture or scavenge for feed; there is sometimes a health control program.
- *The intensive farming*: the birds have modern housing, they only receive commercial feed and there is a standard and regular health program.

Sampling

The sampling was conducted following a snowball type design (chain referral sampling method), a non-probabilistic method where GF producers were selected not from a sampling framework but from a friendship network of the farmers already part of the sample [3]. The first farmers interviewed give information on other GF producers who in turn will also provide information on others they know [4]. The survey proceeded until the farmer being interviewed could not identify additional producers for interview [4]. With the not probabilistic method that we used, all the GF producers who were met were interviewed [5].

Statistical Analysis

The questionnaire consisted of responses to qualitative and quantitative variables. The socioeconomic profile of the GF farmers was determined by a descriptive analysis. The analysis of the objective of the GF farmers used the classification and regression tree (**CART**) method on socioeconomic data [5]. The CART 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 [5].

The typology of the producers of GF was 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 [6]. 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 farming system was then linked with socioeconomic data to produce a comprehensive typing of farmers by using MCA and AHC.

A problem tree, relational analysis tool, was used to analyze the current situation of GF farming. This tree is used to identify a central problem and its causes and effects. Statistical analysis was assessed by using the software R [7].

RESULTS AND DISCUSSION

Socio-Economic Data

The final sample was composed of 97 GF farmers. Guinea fowl farming was mainly a male activity, with a minority (4.1%) of women. The majority (90.7%) of producers were between 18 and 59 yr old (Table 1). These results concurred with those from an earlier study which found that in Benin GF farming was overwhelmingly a male activity [8]. More than half the farmers were illiterate (54.6%), approximately 20% had primary education and a smaller proportion secondary (10%) or high school level (15.5%) education. This is slightly different than previous results which reported that in Ghana, 33% of GF farmers were literate with only 3% having a high school level education [9]. In the present study, flock size varied with 42.3% being less than 20 GF. The results suggested that GF production was still largely dominated by farmers with no formal education.

The majority (66%) of farmers focused on home consumption of eggs and meat with sale of surplus, while 34% focused on selling products (slaughtered or live animals and collected

eggs). The proportion of farmers who only sold eggs and animals was lower than in Burkina Faso [10]. The majority (92.8%) of the farmers self-financed their activity and a majority (68%) sold their eggs at a price of 0.15 to 0.30 euros (the highest price being observed in towns and the lowest price being observed in rural areas) (Table 1). This price was higher than the egg price in Zimbabwe (0.09 euros) [11]. The majority of the farmers sold live animals at a price of 4 to 10 euros, which was in the range of prices observed in Zimbabwe (6.4 euros in average) [11]. This high variability of the price is due to the color of the animals, white GF are much more expensive than grey ones, since they are preferred for sacrifices and witchcraft. Eggs and live birds were sold on site or at local markets or sometimes sold in town.

Descriptive Analysis of Some Characteristics of GF Breeding

The information collected from the farmers gave an indication of the rate of reproduction of the birds. Approximately 14.4% of the birds originated in France and laid before 6 mo of age, but most of the GF were from indigenous breeds and laid between 6 and 7 mo of age. The majority (88.7%) of the birds laid during the rainy period (May to November) with the number of eggs per female and per year averaging 100 (range of 50–150). The same result was observed in Burkina Faso [12] and in Ghana. [9] However, in Botswana, it seems that GF lay during the dry season (September to April) [13]. However, GF can lay all year, if they are fed an adequate diet and receive water ad libitum [14]. Extensive farming was the major farming system and the majority of producers (70.1%) fed their GF (Table 1). But they only give the birds a few handfuls of sorghum or corn with the main aim of attracting them to return home. The majority of the farmers (74.2%) had started their production by buying eggs from other farmers, and then hatching and rearing their own GF from the fertilized eggs.

In our survey, for 95% of farmers GF eggs were brooded by chicken hens because GF are poor brooders and they are not interested in protecting their young after hatching. Hatching rate was on average 70% and was similar to

Table 1. Socioeconomic Characteristics of Guinea Fowl Producers in Ivory Coast.

Variables	Modalities	Number	Proportion (%)
Sex	1. Male	93	95.9
	2. Female	4	4.1
Age (years)	1. 18 to 59	88	90.7
	2. Over 59	9	9.3
School level	1. Illiterate	53	54.6
	2. Primary school	19	19.6
	3. At least high school	15	15.5
	4. Secondary school	10	10.3
Marital status	1. Married	82	84.5
	2. Single	15	15.5
Farming system	1. Extensive	61	62.8
	2. Intensive	18	18.6
	3. Semi-intensive	18	18.6
Number of guinea fowl	1. Less than 20 birds	41	42.3
	2. 20 to 50 birds	33	34.0
	3. More than 50 birds	23	23.7
Feeding	1. Fed	68	70.1
	2. Not fed	29	29.9
Producer objective	1. Sale and consumption	64	66.0
	2. Sale	33	34.0
Nationality	1. Ivoirian	51	52.6
	2. Other	46	47.4
Financing	1. Self-financing	90	92.8
	2. External financing	7	7.2
Egg price (euros)	1. 0.15 to 0.30	66	68.0
	2. Over 0.30	5	5.2
	3. Less than 0.15	26	26.8
Live guinea fowl (euros)	4. 4 to 10	70	72.2
	5. Over 10	3	3.1
	6. Less than 4	24	24.7
Egg/guinea fowl/year	1. 100	47	48.5
	2. More than 100	26	26.8
	3. Less than 100	24	24.7

the rate observed in Benin [15] but higher than that observed in Zimbabwe (63.8%) [16] or that observed in Mali (44%) [17]. The average brooding duration was 27 to 28 d, which is also the case in Iran [18] and Bangladesh [19].

The majority (95%) of farmers declared that the high mortality of young GF was a critical factor. However, it was not possible during this survey to get firm data on early mortality; the farmers just declared that it was high. This situation of high early mortality is similar in other African Countries. In Mali, 49% of young birds were lost at 1 mo of age [17], and related an early mortality in the range of 10 to 40% in Zimbabwe [16] and in Burkina Faso [20] described a high

early mortality (27%). This mortality was mainly due to predators like snakes and eagles (until 33.3% of early mortality in Zimbabwe, according to [16]), and diseases and parasites.

Main Determinants of GF Production by the Classification Analysis

The analysis of the classification tree with the “GF production objective” as dependent variable is presented in Figure 1. The terminal node 1 included 18 farmers who practiced intensive farming and predominantly (88.9%) only sold their eggs and live animals. The terminal node 2 included 79 farmer producers with semi-intensive

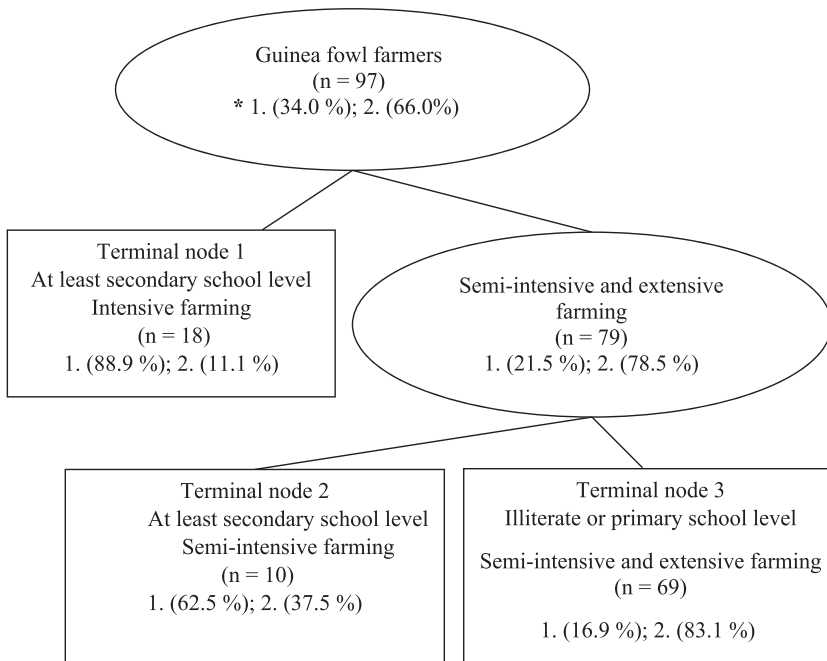


Figure 1. Classification tree with «objective of farmers» as target variable. *: 1 = Eggs and live animals sale; 2 = Eggs and live animals sale and consumption.

or extensive farming practice. Among these 79 farmers, the majority (78.5%) sold the eggs and live GF, 10 had at least secondary school level education and the majority of the other 69 farmers had at most primary school level education, and both consumed and sold the eggs and live GF. So, the conclusion is that farmers with the highest level of education are self-employed and have the sale of GF products (eggs and live birds) as their principal enterprise.

Global Typology of GF Producers

Multiple correspondence analyses resulted in a dispersion of farmers in 6 factorial axes. This graphic display explained 79% of the total variability. The hierarchical clustering on the basis of characteristics of individuals showed that 3 groups of farmers could be distinguished (Figure 2). The division into 3 groups related to the education level, the poultry farming system (extensive, intensive, and semi intensive), the number of animals, GF production (eggs and live GF), and whether the GF were or were not fed. In group 1, most producers farmed extensively (91%), were illiterate (79%), had less than

20 GF (61.2%), the majority (91.4%) of which were of indigenous breeds. Birds were fed by 58% of the producers although 93% of flocks had an egg production less than or equal to 100 per bird yearly. The farmers both home consumed and sold eggs and live GF. In group 2, most producers (90%) practiced intensive farming, 75% had a good level of education, and all the farmers had more than 50 GF with only 55% being of indigenous breeds, just 5% of producers did not feed their birds and 95% had a yearly egg production greater than 100 per bird, and the sale of the eggs and live animals was their primary source of income. In group 3, all producers farmed semi-intensively, 60% had a primary school level education, and 70% had between 20 and 50 GF of indigenous breeds. All the farmers fed their GF, had a yearly egg production greater than 100 per bird, and sold eggs and live GF.

This typology confirmed that, in Ivory Coast, the productivity of local GF was improved in semi-intensive system in comparison with extensive farming [2]. In this system, the birds are fed by the farmer, but they can also forage outside for additional food to meet their nutritional

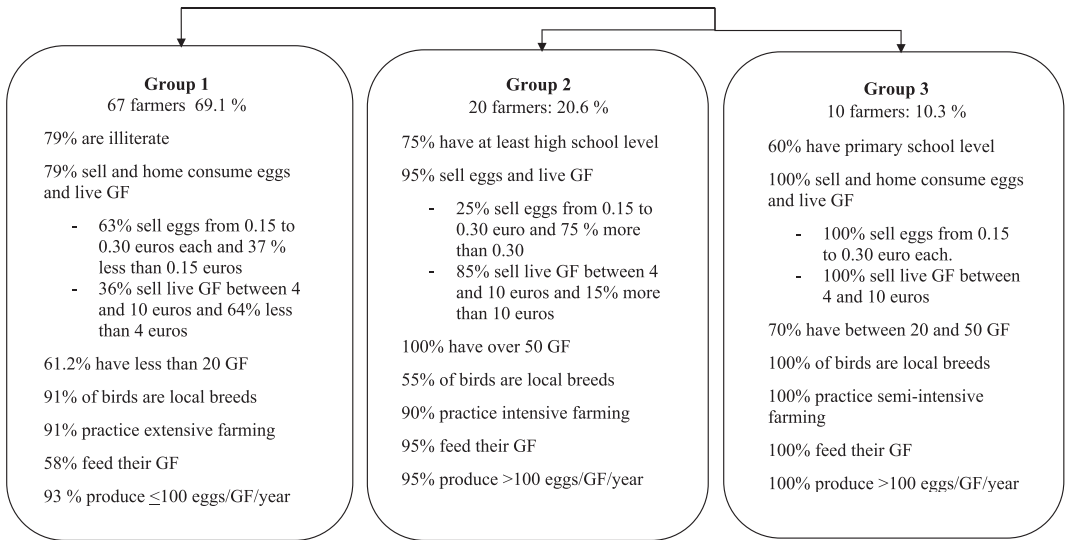


Figure 2. Classification of guinea fowl (GF) producers according to GF production.

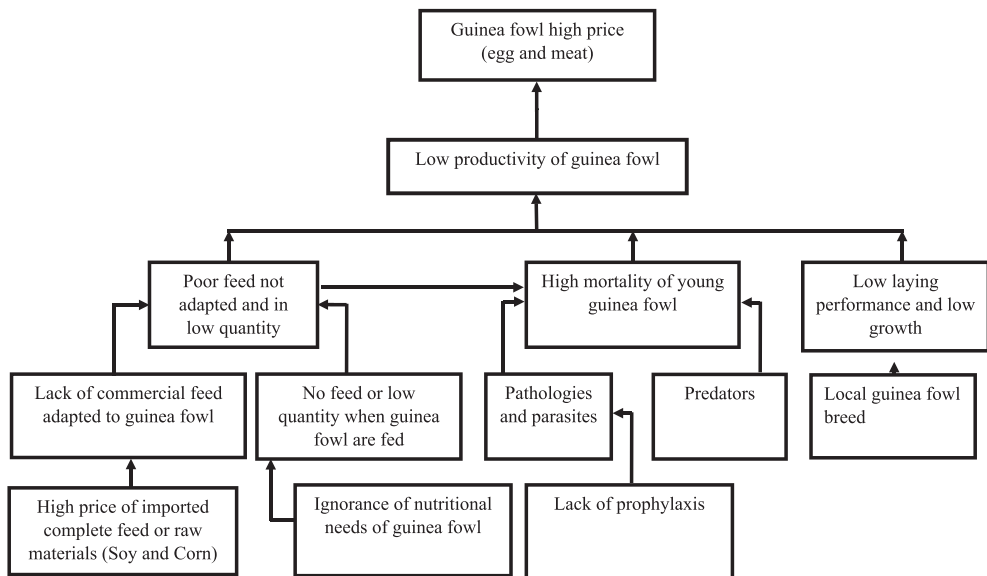


Figure 3. Constraints of guinea fowl production.

needs. According to [20], the improvement of nutritional conditions has positive effects on prolonging the laying performance of the GF over a long period.

Constraints of GF Production in Ivory Coast

Several factors said to be constraints to optimal production are presented in Figure 3. The

lack of health management, the poor management of young GF, reduced the survival rate of birds. The inconsistent feeding system could also be a major contributor of undernutrition and malnutrition leading to unhealthy young GF and their early death, and leading to poor productivity of GF. The situation is similar in sub-Saharan African countries such as Zimbabwe [16], Mali [17], and Burkina Faso [20].

CONCLUSIONS AND APPLICATIONS

1. GF farmers were mostly men (96%) aged between 18 and 58 yr, and a majority of them (53%) had no formal education.
2. The majority of GF farmers kept an average flock size of less than 20 GF, and the most common type of farming was extensive.
3. The majority (66%) of farmers focused on home consumption of eggs and live GF with sale of surplus.
4. The most important training need for the farmers was in young GF mortality control.
5. The development of this breeding activity could then contribute to food self-sufficiency in animal protein and contribute to the fight against poverty in Ivorian rural areas.

REFERENCES AND NOTES

1. Kone, S., and T. Danho. 2008. Côte d'Ivoire. Pages 70–77. In *Revue du secteur avicole, Division de la production et de la santé animales de la FAO*, FAO, Rome, Italy.
2. 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 (*Gallus domesticus*) en Côte d'Ivoire. *Progress. Agric.* 72:5830–5837.
3. Salganik, M. J., and D. D. Heckathorn. 2004. Sampling and estimation in hidden populations using respondent-driven sampling. Pages 193–239. In *Sociological Methodology*, volume 34. Stolzenberg, R.M., ed. Blackwell Publishing, Boston, USA.
4. Johnston, L. G., and K. Sabin. 2010. Échantillonnage déterminé selon les répondants pour les populations difficiles à joindre. *Method. Innov. Online.* 5:38–48.
5. 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.* 40:323–328.
6. Husson, F., and J. Josse. 2014. Multiple correspondence analysis. Pages 165–219. In *Visualization and Verbalization of Data*. Blasius, J., and M. Greenacre, ed. Chapman and Hall CRC Press, UK.
7. Software R version 3.3.1 (Copyright © 2016, R Foundation for Statistical Computing Platform) and XLSTAT version 2014 (Copyright © 1995–2014 Addinsoft SARL, Paris, FRANCE).
8. Dahouda, M., S. S. Toleba, A. K. I. Youssao, S. Bani Kogui, S. Yacoubou Aboubakari, and J. L. Hornick. 2007. Contraintes de l'élevage des pintades et composition des cheptels dans les élevages traditionnels du Borgou au Bénin. *Avic. Famil.* 17:3–14.
9. Issaka, B. Y., and R. N. Yeboah. 2016. Socio-economic attributes of guinea fowl production in two districts in Northern Ghana. *Afric. J. Agric. Res.* 11:1209–1217.
10. 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. *Tropicicultura.* 25:31–36.
11. Madzimure, J., S. Happysen, and G. P. K. Ngorora. 2011. Market potential for guinea fowl (*Numida meleagris*) products. *Trop. Anim. Health Prod.* 43:1509–1515.
12. Sanfo, R., H. Boly, L. Sawadogo, and B. Ogle. 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. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Tropic.* 65:25–29.
13. Moreki, J. C., and D. Seabo. 2012. Guinea fowl production in Botswana. *J. World Poultr. Res.* 2:01–04.
14. Konlan, S. P., E. K. Avornyo, N. Karbo, and A. Sulleyman. 2011. Increasing guinea fowl eggs availability and hatchability in the dry season. *J. World Poultr. Res.* 1:1–3.
15. Laurenson, P. 2002. Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou, Bénin. MSc Diss. Gembloux Univ., Gembloux, Belgium.
16. Zvakare, P., P. H. Mugabe, and T. Mutibvu. 2018. Guinea fowl (*Numida meleagris*) production by small-holder farmers in Zimbabwe. *Trop. Anim. Health Prod.* 50:373–380.
17. Kuit, H. G., A. Traoré, and R. T. Wilson. 1986. Live-stock production in Central Mali: ownership, management and productivity of poultry in traditional sector. *Trop. Anim. Health Prod.* 18:222–231.
18. Fani, A. R., H. Lotfollan, and A. Ayazi. 2004. Evaluation in economical traits of Iranian native guinea fowl (*Numida meleagris*). Pages 14–16. In *Proc. Joint Agric. Nat. Resources*, Tabriz, Iran.
19. Khairunnesa, M., S. C. Das, and A. Khatun. 2016. Hatching and growth performances of guinea fowl under intensive management system. *Progres. Agric.* 27:70–77.
20. Sanfo, R., H. Boly, L. Sawadogo, and B. Ogle. 2008. Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso. *Rev. Afric. Sant. Prod. Anim. (RASPA).* 61:135–140.

Acknowledgments

The authors thank the farmers for their unreserved participation and cooperation.

Effect of *Hevea brasiliensis* seed meal or *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diets on performance, physicochemical and sensory properties of eggs, and egg yolk fatty acid profile in guinea fowl (*Numida meleagris*)

G. F. Kouassi,* G. A. Koné,* M. Good,[†] N. E. Assidjo,* and M. Kouba^{‡,1}

*Institut National Polytechnique Felix Houphouët Boigny, BP 1313 Yamoussoukro, Cote d'Ivoire; [†]Independent Researcher and Private Consultant, A96 Dun Laoghaire, Ireland; and [‡]UMR 1348 PEGASE, INRA-AGROCAMPUS, 65 rue de Saint Briec, 35042 Rennes Cedex, France

ABSTRACT A total of 144 French selected breed (Galor) female guinea fowl (GF) of 42 wk of age were enrolled for a feeding trial of 15, 30, and 45 D duration. The birds were randomly assigned to 18 cages, each containing 8 birds. A total of 3 isonitrogenous and isocaloric dietary treatments were trialed, each diet comprising 6 replications (cages), which meant a total of 48 birds per diet. The GF were fed either a control diet C (commercial diet “FACI ponte 20”, SIPRA, Ivory Coast, usually used for all poultry species) or the diet C supplemented with 5% *Euphorbia heterophylla* seeds (diet E) and the diet C supplemented with 5% Hevea seed meal (*Hevea brasiliensis*) (diet H). Animal

performance were assessed for 3 periods (days 0 to 15, 0 to 30, and 0 to 45), and egg quality and composition were assessed at 15, 30, and 45 D of the trial. The results indicated no mortality during the trial. The laying rate was the highest (43.9%) with diet E and the lowest with diet C (32.5%), the laying rate with diet H being intermediate (38.5%). Diet E containing *Euphorbia* seeds led to a reduced cholesterol content of the eggs. Additionally, inclusion of *Euphorbia* seeds and, to a lesser extent, of the Hevea seed meal in the diet led to n-3 polyunsaturated fatty acid enriched GF eggs, with thereby, improved nutritional value. A sensory test did not find any difference between the 3 diets on trial.

Key words: guinea fowl, egg, *Hevea brasiliensis*, *Euphorbia heterophylla*, n-3 polyunsaturated fatty acid

2020 Poultry Science 99:342–349
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez500>

INTRODUCTION

According to the Ivorian poultry farmer association (IPRAVI) data, 1.48 billion eggs were produced for consumption in 2015 in the Ivory Coast. This represented an egg-consumption rate of 64 kg per inhabitant. Despite the importance of the hens (*Gallus domesticus*) in poultry production, guinea fowl (GF) (*Numida meleagris*) are increasingly valued for their meat and eggs in West Africa (Sanfo et al., 2007). Indeed, GF consume less feed than chickens, and are more resistant to the most common poultry diseases (Moreki and Seabo, 2012). The increasing cost of feed ingredients such as corn and soybean meal consequent to their increased demand in the biofuel industry, justifies the need to evaluate less-conventional feed ingredients.

With 3% of the world rubber production in the Ivory Coast, Hevea seeds (*Hevea brasiliensis*), which are usually discarded, are in abundant supply (Ducroquet et al., 2017). Hossain et al. (2015) studied the nutritive value of decorticated Hevea seeds in Bangladesh and

they assumed that these seeds could be used in animal nutrition. Another local product (an adventitious herb *Euphorbia heterophylla*) can be used to improve animal product quality, like laying hen eggs (Kouakou et al., 2015, 2016). The regular accessibility of Hevea and *Euphorbia* seeds in the Ivory Coast makes them potential sources of energy and protein in GF diets. Both plants also contain omega-3 fatty acids (Abedi and Ali Sahari, 2014; Kouakou et al., 2015). In monogastric animals, the composition of fatty acids stored in adipose tissue, muscle, or animal products such as eggs largely reflects the ingested lipids (Kouba and Mourot, 2011). Nutritionists recommend that humans increase n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) intake, because, whatever the country, the human diet is ordinarily very low in n-3 PUFA (Stark et al., 2016). Indeed, n-3 fatty acids decrease serum triglyceride and cholesterol content, 2 factors implicated in the risk of coronary heart disease, hence, increasing n-3 PUFA dietary intake reduces coronary heart disease risk (Conquer and Holub, 1998).

The aim of this research was: (1) to evaluate the effect of supplementing GF diet with Hevea seed meal or *Euphorbia* seeds on laying performance and egg characteristics of French Galor GF; and (2) to evaluate the

Received May 20, 2019.

Accepted August 15, 2019.

¹Corresponding author: maryline.kouba@agrocampus-ouest.fr

© 2019 The Authors. Published by Elsevier on behalf of Poultry Science Association Inc.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

effect of supplemented diets on the quality of the eggs, particularly on their omega-3 fatty acid content.

MATERIALS AND METHODS

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).

Trial Site Location

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

Animals and Diets

A total of 144 female GF from French selected breed (Galor) were divided into 3 groups of 48 birds when 42 wk old. Each group of 48 birds were randomly penned, 8 per 6 m² cage to provide 6 groups of 8 birds, and received 1 diet (6 replicates per diet). The GF of each group received a control diet C (commercial diet, FACI ponte 20, SIPRA, Ivory Coast) or diet C supplemented with 5% *Euphorbia heterophylla* seeds (Diet E) or diet C supplemented with 5% Hevea (*Hevea brasiliensis*) seed meal (diet H). During the 45-day study, the birds received diet and water ad libitum. The experimental diets E and H were formulated to meet the requirements of the birds. They were manufactured at the Animal Science Laboratory of INP-HB, Yamoussoukro, Ivory Coast. Meals were prepared from decorticated Hevea seeds (diet H), by using a screw press to extract the maximum amount of oil. The Hevea seed meal was sun-dried for 5 D and heated with wood fire half an hour to reduce the cyanide content. The 3 diets (C, E, and H) were designed to be isonitrogenous and isocaloric (Table 1).

Diet Analyses

Samples of the 3 diets were analyzed for dry matter, mineral matter, starch, and crude proteins (N × 6.25) according to Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Lipids were extracted according to Folch et al. (1957). Total fibers were determined using Fibertec System 1021 Cold extractor (Saint André de Cubzac, France). Dietary hydrogen cyanide content was analyzed in diet H, according to the procedure of Deniges (1893). Mineral macro-element calcium and

Table 1. Ingredient and chemical composition of diets (control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H)).

	Diet		
	C	E	H
Ingredients (%)			
Commercial feed	100	95	95
Euphorbia seeds	0	5	0
Hevea seed meal	0	0	5
Analyses (%)			
Dry matter	92.7	92.8	91.5
Ash	11.9	12.2	12.1
Lipid	8.4	8.6	9.0
...CP	15.5	15.7	15.9
...Starch	11.7	11.6	11.7
...Crude fiber	5.5	7.0	6.2
Hydrogen cyanide (µg/kg)	0	0.02	0.05
Metabolizable energy (MJ/kg)*	14.5	14.2	14.7
Minerals (%)			
Calcium	3.2	3.5	3.3
Phosphorus	1.5	2.1	2.2
Calcium/Phosphorus ratio	2.0	1.7	1.5
Fatty acids (FA), % of total FA			
SFA	40.4	32.9	41.8
MUFA	31.4	25.8	35.1
PUFA	28.2	41.3	28.1
n-6	26.3	24.9	17.4
n-3	1.83	16.4	5.50
PUFA/SFA	0.81	1.42	0.41
n-6n/n-3	14.4	1.52	3.16
18:2 n-6/18:3 n-3	18.9	1.53	7.48
Fatty acids (FA), % of total FA in seeds	Hevea		Euphorbia
n-6	37.1		15.5
n-3	21.2		56.0

*ME = Metabolizable energy (ME) calculated according to Fisher and McNab method, ME (MJ/kg) = (0.155xCP) + (0.343xFat) + (0.167xStarch) + (0.130xSugar) (Fisher and McNab, 1987).

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 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).

phosphorus were analyzed by Atomic Absorption Spectrometer (Varian Spectraa 20, IET, Mundelein, USA).

Animal Performance

Health status and mortality were monitored throughout the trial. Individual BW of the animals was measured at the start, at 15 D, 30 D, and 45 D of trial and the daily weight gain was calculated. Feed intake was measured each day per cage throughout the trial and eggs were collected daily. Feed to egg ratios (F/E) and laying rates (LR) were calculated for each diet for the 3 periods (days 0 to 15, 0 to 30, and 0 to 45).

At the end of the trial (45 D), a blood sample was collected from 2 fasting birds per cage (12 animals per diet) for liver enzyme analysis. Plasma was separated by centrifugation at 2,000 × g for 15 min at 4°C, and then frozen at -20°C until analysis. The birds were then stunned, slaughtered, scalded (water at 60°C) and plucked manually.

Egg Physical and Chemical Parameter Determination

On trial-day 15, 30, and 45, 12 eggs per diet (2 eggs/cage/diet) were kept for 1 D in the hatchery cooler at 15°C and 70% RH. Analysis the following morning measured the length and the diameter of each egg at the equator with a micrometer with a 0.01 mm accuracy (Tennessee Speed Sport, Goodlettsville, USA). The egg index I (which determines the egg solidity), was calculated as the ratio: $I = D/L$ with D = diameter at the equator of each egg and L = length of each egg.

The eggs were weighed and broken open to determine yolk, albumen, and shell characteristics. Entire egg, shell (with its internal membranes), yolk, and albumen weights were recorded. Eggshell (with its internal membranes) thickness was measured with a micrometer with a 0.01 mm accuracy (Tennessee Speed Sport, Goodlettsville, USA). Yolk color was determined under natural light using a DSM Yolk color fan (scale from 1 to 15) (DSM, Basel, Switzerland). The height of the albumen was measured, using a micrometer with a 0.01 mm accuracy (Tennessee Speed Sport, Goodlettsville, USA). The Haugh unit (HU) which denotes egg freshness was determined by the formula $HU = 100 \times \log(h - 1.7 \times W^{0.37} + 7.6)$ with h = height of the thick albumen at 1 cm from the yolk and W = egg weight.

Selected eggs were analyzed for chemical composition. Dry matter, ash, and crude proteins ($N \times 6.25$) were determined in the yolk and albumen of each egg, according to Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Mineral macro-element Ca and P were analyzed in yolk by Atomic Absorption Spectrometer (Varian Spectraa 20, IET, Mundelein, USA). Yolk total cholesterol content was determined using commercial kits (Cypress Diagnostics SRL, Italy). Lipids were extracted from egg yolk and samples of diets according to Folch et al. (1957). Fatty acid composition was measured after methylation of samples. Fatty acid methyl esters were prepared with brome trifluorid methanol according to Morrison and Smith (1964). They were analyzed on an Agilent Technologies 6890N gas chromatograph (Bios Analytic, Toulouse France), with an internal standard (C21:0, Sigma-Aldrich, France) used to quantify fatty acids (g/100 g of total fatty acids). Nutritional quality was described by the polyunsaturated fatty acids (PUFA)/saturated fatty acids (SFA) 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 egg, the results were also expressed as sum of n-6 PUFA/sum of n-3 PUFA.

Plasma Analyses

Serum glutamic-pyruvic acid transaminase (SGPT) and serum glutamic-oxaloacetic transaminase (SGOT)

were measured using commercial kits (Cypress Diagnostics SRL, Italy)

Organoleptic Tests

A taste test was conducted to evaluate preference. 18 eggs per diet were collected (3 eggs/cage) at 15, 30, and 45 D of experiment (a total of 54 eggs for each time on feed). All the eggs were prepared in the same manner, 2 h before the organoleptic test started. Eggs from each treatment were placed in water at room temperature, brought to boiling for 5 min, then taken from the pot and placed under cold running water for 10 min. The eggs were shelled, cut longitudinally in 2 halves, and placed in separate containers. Based on their egg consumption frequency (at least twice monthly) a panel of 9 men and 9 women was recruited. All panelists were staff members and students from the University of Agronomy (Ecole Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro, Ivory Coast), and Ph.D. students from the National Polytechnic Institute Félix Houphouët-Boigny of Yamoussoukro. Relying on these criteria, panelists received 3 h training per day for 3 D focusing on the sensory characteristics of the GF egg: the texture, flavor, odor, and yolk color. Scales were also developed during the training sessions. The scale ranged from 1 (low expression of the attribute, i.e., not acceptable) to 10 (high expression of the attribute, i.e., excellent).

Sensory assessments were performed using the 18 trained adult panelists. A total of 3 half eggs were presented to each panelist on a small plate. Each of the plates (at 15, 30, and 45 D) comprised eggs from the 3 diets (control, Euphorbia seeds supplemented diet, and Hevea seed meal supplemented diet), 1 half egg per diet in the plate. Panelists rated eggs on the previously developed ten-point scale for texture, flavor, odor, yolk color, and overall liking (1 = extremely weak flavor, no odor, extremely weak yolk color, and dislike extremely; 10 = extremely strong flavor, extremely good odor, extremely high yolk color, and like extremely).

Statistical Analyses

Data were analyzed by the ANOVA option of the LMG of R 3.4.2 software (Copyright 2016, R Foundation for Statistical Computing Platform) as a 3×3 factorial arrangement of dietary treatments with times on feed 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 cage, μ = the overall mean; D_i = the effect of dietary; S_j = the effect of time on feed; $(DS)_{ij}$ = the effect due to interactions between dietary and time on feed; R_{ijk} = the inter-experimental unit (replications) error term; and γ_{ijkl} = the intra-experimental unit error term. Two-way interactions between dietary

Table 2. Performance of guinea fowl fed control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H). Diets for 15, 30, or 45 D.

Parameters	Diet			SEM	Time on feed (D)			SEM	Probability		
	C	E	H		15	30	45		Diet	Time	Diet × Time
BW (g)	2,386	2,448	2,496	36.0	2,456	2,414	2,461	36.0	1.1e ⁻¹	6.0e ⁻¹	NS
FER	9.3 ^b	5.2 ^a	6.4 ^a	0.98	7.2	7.3	6.4	0.98	2.3e ⁻²	7.9e ⁻¹	NS
Egg production (%)	32.5 ^a	43.9 ^c	38.5 ^b	1.8	43.1 ^b	37.7 ^{a,b}	34.1 ^a	1.8	<1e ⁻⁴	6e ⁻⁴	NS

^{a-c}Parameter means within rows of diet or strain with no common superscript differ ($P < 0.05$).

FER: feed to egg ratio.

Table 3. Characteristics of eggs from guinea fowl fed control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H). Diets for 15, 30, or 45 D.

Parameters	Diet			SEM	Time on feed (D)			SEM	Probability		
	C	E	H		15	30	45		Diet	Time	Diet × Time
Egg weight (g)	45.8	44.2	44.8	0.70	43.5 ^a	45.1 ^{a,b}	46.2 ^b	0.70	0.27	3e ⁻²	NS
Shell thickness (mm)	0.67	0.68	0.64	0.01	0.69 ^b	0.67 ^b	0.63 ^a	0.01	0.87e ⁻¹	1e ⁻²	NS
Egg shape index	77.1	76.2	76.1	1.6	77.1	75.2	77.1	1.7	7.24e ⁻¹	5.13e ⁻¹	NS
Shell proportion (%)	18.0	18.3	17.6	0.30	17.5 ^a	18.9 ^b	17.6 ^a	0.30	2.97e ⁻¹	3e ⁻³	NS
Albumen proportion (%)	50.1	49.3	49.8	0.56	49.1	49.9	50.3	0.56	5.88e ⁻¹	3.25e ⁻¹	NS
Yolk proportion (%)	31.8	32.4	32.6	0.46	33.4 ^b	31.3 ^a	32.1 ^a	0.46	5.09e ⁻¹	7e ⁻³	NS
Haugh	81.1	82.8	86.5	1.79	77.8 ^a	85.4 ^b	87.2 ^b	1.83	1.11e ⁻¹	2e ⁻³	NS
Yolk color	8.7	9.0	9.0	0.22	9.2	8.9	8.7	0.22	4.11e ⁻¹	2.86e ⁻¹	NS

Egg shape index = egg width/egg length; yolk color: measured with the DSM Yolk Fan with shades 1 to 15.

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

and time on feed were not significant, thus, data were analyzed for main effects. Least significant difference comparisons were made between treatment means for main effects when there was a significant F-value. Significance implies $P < 0.05$, unless stated otherwise.

RESULTS

Composition of Diets

The characteristics of the 3 diets are presented in Table 1. The diets were isonitrogenous and isocaloric. The proportion of dry matter was similar. The hydrogen cyanide content of diets E and H was very low. Diet E and to a lesser extent diet H were rich in PUFA among which n-3 fatty acids represented respectively more than 16% and 5.5% of the total fatty acids. Control diet C exhibited the lowest n-3 fatty acid proportion (1.83%).

Animal Performance

The GF performances are presented in Table 2. There was no mortality during the trial. There was no effect of diet or time duration on the diet on the GF weights. Diets E and H significantly improved the feed to egg ratio. The LR was the highest (43.9%) with diet E, the lowest with diet C (32.5%), and with diet H intermediary

(38.5%). There was no feed to egg ratio time duration effect; however, there was an overall decrease of the LR, with time.

Egg Characteristics and Composition (Tables 3 and 4)

None of the egg characteristics (weight, proportions of albumen, yolk and shell, yolk-color, shell-thickness, shape index, and HUs) were affected by the diet. There was an increase of egg weight and HUs with time as well as a decrease of shell thickness with time; the proportions of albumen and shell, the yolk color, and the shape index remained consistent over time. Yolk proportion however, decreased with time.

In egg yolk, the dry matter proportion was higher from animals fed diet H than from birds fed diets C or E; the protein proportion was the highest from animals fed diet E whereas the lipid proportion was the lowest with diet E; the cholesterol content was the lowest from birds fed diet E compared to diets C or H. The dry matter proportion of egg yolks increased with time. Proportions of lipids and protein fluctuated over time, with the highest lipid and the lowest protein proportions at 30 D of trial; proportions of ash and cholesterol in egg yolk did not vary with time.

In albumen, the protein proportion was lower from both supplemented diets compared to the control diet. The protein proportion increased with time, whereas

Table 4. Composition of eggs from guinea fowl fed control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H). Diets for 15, 30, or 45 D.

Parameters	Diet			SEM	Time on feed (D)			SEM	Probability		
	C	E	H		15	30	45		Diet	Time	Diet × Time
Yolk composition (%. w/w)											
Dry matter	52.6 ^a	52.6 ^a	53.7 ^b	0.22	52.2 ^a	53.3 ^b	53.4 ^b	0.22	3e ⁻³	2e ⁻³	NS
Ash	2.22	1.97	1.96	0.11	2.03	1.94	2.18	0.11	1.89e ⁻¹	3.25e ⁻¹	NS
Lipids	29.6 ^b	27.2 ^a	29.9 ^b	0.23	28.3 ^a	30.4 ^b	28.3 ^a	0.23	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS
Proteins	20.8 ^a	23.4 ^c	21.8 ^b	0.06	21.9 ^b	21.0 ^a	22.9 ^c	0.06	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS
Cholesterol per egg (g)	0.32 ^b	0.27 ^a	0.31 ^b	0.01	0.30	0.30	0.30	0.13	<1e ⁻⁴	2.98e ⁻¹	NS
Calcium	1.30 ^c	0.98 ^a	1.08 ^b	0.01	1.31 ^c	1.1 ^b	0.95 ^a	0.01	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS
Phosphorus	0.79 ^a	0.90 ^c	0.84 ^b	0.01	0.78 ^a	0.83 ^b	0.92 ^c	0.01	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS
Albumen composition (%. w/w)											
Dry matter	15.1	14.4	14.5	0.23	14.4	14.7	14.8	0.23	9.1e ⁻²	5.74e ⁻¹	NS
Ash	0.75	0.74	0.75	0.01	0.72 ^a	0.78 ^b	0.74 ^a	0.01	0.31	<1e ⁻⁴	NS
Proteins	13.7 ^c	13.2 ^b	13.0 ^a	0.02	13.2 ^a	13.4 ^b	13.4 ^b	0.02	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS

^{a-c}Parameter means within rows of diet or strain with no common superscript differ ($P < 0.05$).

there was no diet or time duration effect on dry matter and ash proportions.

Fatty Acid Profiles of Egg Yolks

The fatty acid compositions of egg yolks of GF fed the different diets are presented in Table 5. The SFA percentages were not affected by the diet nor by the time duration on the diet. The proportions of the monounsaturated fatty acids (MUFA) (oleic acid representing 90% of total MUFA for all the diets) were the highest from diets C and E (35.3 and 35.0%, respectively), and the lowest with diet H (34.2%). The MUFA proportion decreased with the duration of time on the diet. The percentage of total PUFA was the highest with diet H. Among these PUFA, the proportion of n-6 PUFA was the highest with diet H, and this proportion decreased with the duration of time on the diet. Egg yolks of birds fed the *Euphorbia* seeds supplemented diet (diet E) exhibited 2.4 and 1.4 times more total n-3 PUFA percentage than eggs from birds fed respectively diets C or H. This much higher proportion of n-3 PUFA in the eggs of diet E fed birds was observed for all the n-3 PUFA, the precursor linolenic acid (LA) C18:3 n-3 as well as the long-chain n-3 PUFA. To a lesser extent, eggs from diet H fed GF also exhibited 1.7 times more total n-3 percentage than eggs from birds fed the control diet C. The PUFA/SFA ratio was the lowest in eggs of birds fed the control diet C. The ratios n-6/n-3 and C18:2 n-6/C18:3 n-3 were the lowest in eggs of birds fed diet E (3.4 and 7.6, respectively). The ratios n-6/n-3 and C18:2 n-6/C18:3 n-3 obtained in the eggs of GF fed diets C and H were higher (9.0 and 5.4 for the n-6/n-3 ratio and 35.5 and 12.4 for the C18:2 n-6/C18:3 n-3 ratio, respectively).

Blood Biochemistry

SGPT and SGOT activities were not affected by the diet (Table 6).

Sensory Results

Sensory results from the trained taste-panel are given in Table 7. There was no diet effect on texture, flavor, and overall liking. However, eggs from diet E had higher odor liking scores and higher yolk color score than those from diets C or H. There was a time effect on all the sensory attributes. At 30 D of trial the scores were better for texture and flavor parameters than scores at days 15 or 45 of trial. The odor liking scores were better for eggs at day 15 of trial and the color obtained better scores at days 30 and 45 of trial. The scores of overall liking were the best for eggs at days 15 and 45 of trial.

DISCUSSION

The hydrogen cyanide content in diets E and H was very low and consequently HCN levels in eggs would be extremely low and would pose no risk to consumers. Egg production and its decrease with time were similar to results on GF of Bernacki et al. (2013). However contrary to the study of Huang et al. (2018) on laying hens, in our study egg production was affected by the diet, being the highest with diet E and intermediary with diet H, and the lowest with control diet. Dudusola (2010) found egg weight (46.7 g) from GF from Benin, similar to the weight we reported in the present study. However, lower egg weight in Ghanaian GF was found by Sarfo et al. (2018), and by Bashir et al. (2015) in Nigerian GF, compared to the weights we observed in the present study. All these studies were not using the diets used in this study but served as a reference for the range of normal parameters found in Africa. The increase of egg weight with time that we observed in the present study has been reported earlier in laying hens. Authors showed that egg weight generally increased with hen's age (Van den Brand et al., 2004). The egg shape index was similar to results of Bernacki et al. (2013), Kgwatalaia et al. (2013), and Obike et al. (2011). The albumen proportion was lower than results of Song et al. (2000) and Dudusola (2010)

Table 5. Effect of dietary and time on feed on the fatty acid (FA) composition (% of total FA) of egg yolks from guinea fowl fed: control diet C, *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet E, or *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet H. for 15, 30, or 45 D.

Parameter	Diet			SEM	Time on feed (D)			SEM	Probability		
	C	E	H		15	30	45		Diet	Time	Diet × Time
C12:0	0.08	0.07	0.08	0.03	0.06	0.07	0.08	0.02	5.51e ⁻²	5.11e ⁻²	NS
C14:0	1.51	1.26	1.24	0.27	1.25	1.31	1.33	0.28	6.04e ⁻²	5.73e ⁻²	NS
C14:1 (n-5, cis-9)	0.09	0.11	0.08	0.03	0.09	0.09	0.10	0.03	5.39e ⁻²	6.72e ⁻²	NS
C15:0	0.13	0.11	0.12	0.05	0.12	0.12	0.13	0.04	8.32e ⁻²	7.58e ⁻²	NS
C16:0	26.6	26.9	26.0	0.92	26.5	26.2	26.8	0.82	5.16e ⁻²	5.33e ⁻²	NS
C16:1 (n-9, cis-9)	0.57	0.51	0.52	0.07	0.59	0.51	0.50	0.09	7.47e ⁻²	5.86e ⁻²	NS
C16:1 (n-7, cis-9)	1.54	1.61	1.41	0.20	1.66	1.45	1.39	0.27	5.82e ⁻²	6.69e ⁻²	NS
C18:0	14.3	13.8	14.3	0.6	13.9	14.6	13.9	0.73	6.42e ⁻²	5.27e ⁻²	NS
C18:1 (n-9, cis-9)	31.8	31.6	30.9	0.85	32.4 ^b	31.0 ^a	30.8 ^a	0.81	6.84e ⁻²	4.46e ⁻²	NS
C18:1 (n-7, trans-9)	1.09	1.02	1.05	0.14	1.07	1.10	0.97	0.14	6.12e ⁻²	5.41e ⁻²	NS
C18:2 (n-6, cis-9,12)	16.7 ^b	15.3 ^a	17.7 ^c	0.55	15.9 ^a	16.5 ^a	17.4 ^b	0.53	8.34e ⁻⁴	4.05e ⁻²	NS
C18:3 n-6, (cis-6,9,12)	0.16	0.16	0.15	0.07	0.16	0.15	0.16	0.06	6.73e ⁻²	5.82e ⁻²	NS
C18:3 (n-3, cis-6,9,12)	0.47 ^a	2.01 ^c	1.43 ^b	0.2	1.21	1.25	1.44	0.22	2.13e ⁻³	6.5e ⁻²	NS
C20:0	0.07	0.10	0.13	0.06	0.03 ^a	0.15 ^b	0.13 ^b	0.07	8.23e ⁻²	3.7e ⁻²	NS
C20:1 (n-9, cis-11)	0.20	0.18	0.21	0.05	0.21	0.19	0.20	0.05	5.64e ⁻²	6.42e ⁻²	NS
C20:2 (n-6, cis-11,14)	0.15	0.16	0.18	0.03	0.16	0.16	0.15	0.03	5.88e ⁻²	7.51e ⁻²	NS
C20:3 (n-6, cis-8,11,14)	0.23	0.24	0.27	0.15	0.25	0.29	0.20	0.15	5.12e ⁻²	6.06e ⁻²	NS
C20:4 (n-6, cis-5,8,11,14)	2.01	1.50	1.74	0.53	1.67	1.99	1.58	0.49	6.36e ⁻³	1.73e ⁻¹	NS
C20:3 (n-3, cis-11,14,17)	0.00 ^a	0.06 ^b	0.05 ^b	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	4.95e ⁻²	5.16e ⁻²	NS
C20:5 (n-3, cis-5,8,11,14,17)	0.06	0.13	0.09	0.07	0.06	0.11	0.10	0.05	5.22e ⁻²	5.83e ⁻²	NS
C22:4 (n-6, cis-7,10,13,16)	0.13 ^b	0.05 ^a	0.02 ^a	0.03	0.03 ^a	0.10 ^b	0.05 ^a	0.03	3.34e ⁻²	3.69e ⁻²	NS
C22:5 (n-6, cis-4,7,10,13,16)	0.41 ^b	0.08 ^a	0.10 ^a	0.02	0.21	0.20	0.18	0.03	4.21e ⁻²	5.27e ⁻²	NS
C22:5 (n-3, cis-7,10,13,16, 19)	0.06	0.21	0.12	0.09	0.13	0.15	0.18	0.1	5.46e ⁻²	7.53e ⁻²	NS
C22:6 n-3, cis-4,7,10,13,16,19)	1.52 ^a	2.75 ^b	2.00 ^c	0.15	2.01	2.11	2.16	0.15	2.26e ⁻³	6.07e ⁻²	NS
SFA	42.7	42.2	41.8	0.84	41.9	42.5	42.3	0.62	5.21e ⁻²	5.86e ⁻²	NS
MUFA	35.3 ^b	35.0 ^b	34.2 ^a	0.45	36.1 ^b	34.4 ^a	33.9 ^a	0.44	4.63e ⁻²	4.22e ⁻²	NS
PUFA	22.0 ^a	22.7 ^a	23.9 ^b	0.70	21.9 ^a	23.1 ^b	23.7 ^b	0.61	3.55e ⁻²	2.83e ⁻²	NS
n-6	19.7 ^b	17.4 ^a	20.1 ^b	0.37	18.3 ^a	19.3 ^b	19.6 ^b	0.37	6.02e ⁻³	5.03e ⁻³	NS
n-3	2.11 ^a	5.17 ^c	3.69 ^b	0.51	3.44	3.66	3.93	0.50	1.74e ⁻³	6.9e ⁻²	NS
PUFA/SFA	0.24 ^a	0.41 ^b	0.46 ^b	0.1	0.41	0.42	0.45	0.6	1.2e ⁻²	0.2	NS
n-6/n-3	9.04 ^c	3.37 ^a	5.44 ^b	0.33	5.33	5.27	5.00	0.33	1.83e ⁻³	5.32e ⁻²	NS
18:2 n-6/18:3 n-3	35.5 ^c	7.61 ^a	12.4 ^b	3.9	13.1 ^b	13.2 ^b	12.1 ^a	0.30	2.1e ⁻²	1.73e ⁻²	NS

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 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-c}Parameter means within rows of diet or breed with no common superscript differ ($P < 0.05$).

Table 6. Blood parameters of guinea fowl fed diets control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H) (n = 12 animals per diet).

Hepatic enzymatic activities	Diets			P-value
	C	E	H	
SGPT (U/L)	3.1	3.5	3.5	0.3
SGOT (U/L)	157.5	157.8	159	0.9

SGPT = serum glutamic-pyruvic transaminase.

SGOT = serum glutamic-oxaloacetic transaminase.

while yolk proportion was similar. Haugh units were in accordance with results of Kgwatalaia et al. (2013) and Sarfo et al. (2018). Eggs of the present study exhibited less intensive yolk color than eggs in the study of Bernacki et al. (2013). However, this trait depends mainly on the content of carotenoid pigments in GF diets.

The egg yolk in the present study exhibited a higher dry matter content than results of studies of Bashir

et al. (2015), Dudusola (2010), and Song et al. (2000), with a much higher content of protein and a lower fat content. The ash content was in the range of the results of these authors.

The egg cholesterol content (570 mg for 100 g of eggs) in the present study was slightly higher than results of Maurice et al. (1994) and Oguntona and Hughes (1988) who found a cholesterol content of 550 and 507 mg for 100 g of eggs, respectively. The egg cholesterol content can be reduced by dietary means. Indeed feeding laying hens n-3 supplemented diets can lead to a reduction of cholesterol in egg yolk. This results was in accordance with data of several authors who used Chia (Ayerza and Coates, 2000), canola oil (Ismail et al., 2013), linseed or fish oil (Dalle Zotte et al., 2015), or *Euphorbia heterophylla* (Kouakou et al., 2015). However, other authors found no effect of n-3 supplemented diets on the egg cholesterol content (Carillo-Dominguez et al., 2005; Faitarone et al., 2013). In the present study, there was a strong effect of diet E containing *Euphorbia* seeds that decreased the egg cholesterol content by 19% as

Table 7. Eating quality of boiled eggs (1 to 10 scale)* of guinea fowl fed trial diets: control diet (C), *Euphorbia heterophylla* seed supplemented diet (E), or *Hevea brasiliensis* seed meal supplemented diet (H).

Parameterss	Diets			SEM	Time on feed (D)			SEM	Probability		
	C	E	H		15	30	45		Diet	Time	Diet × Time
Texture	3.5	3.4	3.4	0.11	2.1 ^a	4.5 ^c	4.0 ^b	0.11	3.39e ⁻¹	<1e ⁻⁴	NS
Flavor	6.1	6.1	6.2	0.12	5.2 ^a	6.7 ^c	6.3 ^b	0.11	8.56e ⁻¹	<1e ⁻⁴	NS
Odor	3.6 ^a	3.9 ^b	3.4 ^a	0.10	4.7 ^b	3.0 ^a	3.2 ^a	0.09	2.53e ⁻²	<1e ⁻⁴	NS
Yolk color	6.9 ^a	7.6 ^b	6.9 ^a	0.08	6.7 ^a	7.4 ^b	7.3 ^b	0.07	<1e ⁻⁴	<1e ⁻⁴	NS
Overall liking	6.1	6.3	6.2	0.12	6.7 ^b	5.5 ^a	6.4 ^b	0.11	3.59e ⁻¹	<1e ⁻⁴	NS

*1 = extremely weak flavor, no odor, extremely weak yolk color, and dislike extremely; 10 = extremely strong flavor, extremely good odor, extremely high yolk color, and like extremely.

^{a-c}Parameter means within rows of diet or strain with no common superscript differ ($P < 0.05$).

was the case for the eggs of laying hens fed *Euphorbia heterophylla* seeds supplemented diet (Kouakou et al., 2015).

Hepatic serum active levels of SGOT and SGPT are routinely used as biomarkers of liver injury. These enzymes are usually present in negligible concentration. An increase in the concentration of these enzymes may be the sign of damaged or diseased cells, which denotes the status of the liver function. SGOT is a very sensitive, nonspecific biomarker of bird liver disease. However, SGPT has poor specificity for liver disease in birds due to its existence in many tissues. Our results of SGOT activity (157.5 to 159 U/L) in GF were low compared to results in chickens of Wang et al. (2017) (174 to 190 U/L). SGPT activity (3.1 to 3.5 U/L) in GF was in the range of results of these authors (1.83 to 3.17). There was no diet effect on both enzyme activities, which confirmed the lack of GF liver injury whatever the diet.

In monogastric animals, the composition of fatty acids stored largely reflects that of the ingested lipids and the fatty acid composition of hen eggs can be changed by dietary means (Kouba and Mourot, 2011). Therefore, eggs can be a significant source of n-3 PUFA when poultry are fed high n-3 PUFA supplemented diets. These enriched eggs can therefore serve as a vehicle for supplying nutrients such as the n-3 fatty acids (FA). In our study, feeding *Euphorbia* seeds (diet E) was associated with a reduction of n-6 PUFA proportion and a strong increase in n-3 PUFA proportion of GF egg compared to the control diet C. To a lesser extent, eggs from diet H fed GF also exhibited a higher n-3 PUFA content, compared to the control diet C. This increase was largely attributable respectively to *Euphorbia* seeds and to *Hevea* seeds that are a source of n-3 PUFA (Abedi and Ali Sahari, 2014; Kouakou et al., 2015). There is no study on the effect of n-3 supplemented diet on fatty acid composition of GF eggs; so, our comparisons will be with other poultry species.

The increase in n-3 PUFA proportion in the egg yolk of birds fed diet E or H was due to an increase of all the n-3 PUFA proportions [C18:3 n-3, Linolenic acid (LA); C20:5 n-3, Eicosapentaenoic acid (EPA); C22:5 n-3, Docosapentaenoic acid (DPA); and C22:6 n-3, Docosahexanoic acid (DHA)]. The results were in agreement with

another study showing that LA, EPA, DPA, and DHA proportions were increased when laying hens received linseed supplemented diet (Petrovic et al., 2012). In general, the use of extruded linseed supplemented diet to feed hens increases the n-3 PUFA content of the egg (Huang et al., 2018; Kouba and Mourot, 2011). Enriching eggs with EPA and DHA is important for human nutrition. EPA and DHA present many health benefits for humans, such as protection against cardiovascular disease, proper fetal development and healthy aging. Concerns about excess SFA and a deficiency of n-3 PUFA in the human diet have led to recommendations that the ratio of C18:2 n-6/C18:3 n-3 in the diet be lowered under 5 (ANSES, 2011). Feeding GF the *Euphorbia* seeds or *Hevea* seed meal supplemented diet produced a C18:2 n-6/C18:3 n-3 ratio in the egg yolk of 7.6 and 12.4, respectively, compared to egg yolk of control GF (35.5). However, these ratios were higher than the recommendations. Furthermore, feeding diets E or H caused a large decrease in the n-6/n-3 ratio in egg yolk (3.4 and 5.4, respectively) compared to egg yolks of control GF (9.0). This ratio in eggs of GF fed diet E was better than results of Huang et al. (2018). These authors found a ratio of 5.3 (comparable to the ratio of egg yolks from diet H), with 7.5% of extruded linseed, in eggs from laying hens. However, Dalle Zotte et al. (2015) found a much better ratio with 10% extruded linseed in diets of laying hens (0.86).

In addition to nutritional properties, n-3 fatty acid-enriched eggs must be of acceptable sensory quality to meet with consumer approval. In the present study, the consumer preference did not find a diet effect, which was in accordance with previous work on laying hen eggs. Indeed Hayat et al. (2010) found that consumer acceptance was not different between control and flaxseed-fed eggs presented to consumers as hard-boiled eggs. We also used hard-boiled eggs and according to Hayat et al. (2010), consumers cannot detect a flavor difference in hard-boiled eggs.

In conclusion, these results demonstrated that *Euphorbia heterophylla* seeds or *Hevea brasiliensis* seed meal could be used in GF diet and had a positive effect on GF laying performance. The use of *Euphorbia* seeds supplemented diet led to a healthy egg with less cholesterol and more n-3 fatty acids.

REFERENCES

- Abedi, E., and M. Ali Sahari. 2014. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Sci. Nutr.* 2:443–463.
- ANSES 2011. Actualisation Des Apports Nutritionnels Conseillés Pour Les Acides Gras. ANSES, Paris, France.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 2007. Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International, Rockville, MD.
- Ayerza, R., and W. Coates. 2000. Dietary levels of Chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poult. Sci.* 79:724–739.
- Bashir, L., P. C. Ossai, O. K. Shittu, A.N. Abubakar, and T. Caleb. 2015. Comparison of the nutritional value of egg yolk and egg albumin from domestic chicken, guinea fowl and hybrid chicken. *Am. Exper. Agric.* 6:310–316.
- Bernacki, Z., D. Kokoszynski, and M. Bawe. 2013. Laying performance, egg quality and hatching. Results in two guinea fowl genotypes. *Arch. Geflugelk.* 77:109–115.
- Carrillo-Dominguez, S., M. E. Carranco-Jauregui, M. I. Castro-Gonzalez, E. Avila-Gonzalez, and F. Perez-Gill. 2005. Cholesterol and n-3 fatty acid content in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncode planipes*). *Poult. Sci.* 84:167–172.
- Conquer, J. A., and B. J. Holub. 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. *J. Lipid Res.* 39:286–292.
- Dalle Zotte, A., I. Andrighetto, V. Giaccone, and G. Marchesini. 2015. Dietary enrichment of n-3 PUFA for laying hens: effect of different sources on production, composition and quality of eggs. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 33:411–424.
- Deniges, G. 1893. Titration of cyanide with silver using potassium iodide as indicator. *Comptes Rendus* 117:1078–1080.
- Ducroquet, H., P. Tillie, K. Louchini, and S. Gomez-Y-Paloma. 2017. Les Filières animales et végétales. in L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la Loupe: état des lieux des filières de productions végétales et animales et revue des politiques agricoles, Europe 28754 FR, JRC Science for Policy Report European Commission, Luxembourg. Pages 54–71.
- Dudusola, I. O. 2010. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. *Int. Res. J. Plant Sci.* 1:112–115.
- Faitarone, A. B. G., E. A. Garcia, R. de, O. Roca, H. de, A. Ricardo, E. N. de Andrade, K. Pelicia, and F. Vercese. 2013. Cholesterol levels and nutritional composition of commercial layers eggs fed diets with different vegetable oils. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 15:31–37.
- Fisher, C, and J. M. McNab. 1987. Techniques for determining the ME content of poultry feed. Pages 3–17 in *Recent Advances in Animal Nutrition*, W. Haresign, and DJA Cole, eds. Butterworths, London, UK.
- Folch, J, M. Lees, and G. H. Sloane Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497–509.
- Hayat, Z., G. Cherian, T. N. Pasha, F. M. Khattak, and M. A. Jabbar. 2010. Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flax seed and two different antioxidants. *Poult. Sci.* 89:2293–2298.
- Huang, S., B. Baurhoo, and A. Mustafa. 2018. Effects of extruded flaxseed on layer performance, nutrient retention and yolk fatty acid composition. *Br. Poult. Sci.* 59:463–469.
- Hossain, Md. E., M. H. Karim, S. Alam, and S. K. Nath. 2015. Nutritive value of rubber seed (*Hevea brasiliensis*). *Online J. Anim. Feed Res.* 5:18–21.
- Ismail, I. B., K. A. Al-Busadah, and S. M. El-Bahr. 2013. Effect of dietary supplementation on canola oil on egg production, quality and biochemistry of egg yolk and plasma of laying hens. *Int. J. Biol. Chem.* 7:27–37.
- Kgwatalaia, P. M., L. Bolebano, and S. J. Nsolo. 2013. Egg quality characteristics of different varieties of domesticated helmeted guinea fowl (*Numida meleagris*). *Int. J. Poult. Sci.* 12:245–250.
- Kouakou, N. D. V., G. C. M. Traore, C. E. M. Angbo-Kouakou, K. B. Kouame, A. A. Adima, N. E. Assidjo, J. F. Grongnet, and M. Kouba. 2015. Essai préliminaire de production d'oeufs des poules pondeuses (ISA Warren) enrichis en acides gras polyinsaturés omega 3 avec les graines de *Euphorbia heterophylla* L. *Int. J. Bio. Chem. Sci.* 9:1902–1909.
- Kouakou, N. D. V, G. C. M. Traoré, C. E. M. Angbo-Kouakou, J. F. Grongnet, and M. Kouba. 2016. Effect of feeding *Euphorbia heterophylla* seeds on egg production, egg quality, lipid composition and sensory evaluation of eggs. *J. Anim. Plant Sci.* 31:4889–4900.
- Kouba, M., and J. Mouro. 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.
- Kouba, M., M. Enser, F. M. Whittington, G. R. Nute, and J. D. Wood. 2003. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 81:1967–1979.
- Maurice, D. V., S. F. Lightsey, K. T. Hsu, T. G. Gaylord, and R. V. Reddy. 1994. Cholesterol in eggs from different species of poultry determined by capillary GLC. *Food Chem.* 50:367–372.
- Moreki, J. C., and D. Seabo. 2012. Guinea fowl production in Botswana. *J. World Poult. Res.* 2:01–04.
- Morrison, W.R., and L. M. Smith. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.* 5:600–608.
- Obike, O. M., U. K. Oke, and K. E. Azu. 2011. Comparison of egg production performance and egg quality traits of pearl and black strains of guinea fowl in a humid rain-forest zone of Nigeria. *Int. J. Poult. Sci.* 10:547–551.
- Oguntona, T., and B. L. Hughes. 1988. Cholesterol and fatty acid content of guinea fowl (*Numida meleagris*) egg. *Food Biochem.* 30:211–217.
- Petrovic, M, M. Gacic, V. Karacic, Z. Gottstein, H. Mazija, H., and H. Medic. 2012. Enrichment of eggs in n-3 polyunsaturated fatty acids by feeding hens with different amount of linseed oil in diet. *Food Chem.* 135:1563–1568.
- Sanfor, 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. *Tropicicultura* 25:31–36.
- Sarfo, G. K., J. A. Hamidu, A. Larbi, and A. Donkoh. 2018. Effect of direct fed microbial in layer diets, on egg laying performance and health response of indigenous Ghanaian guinea fowls (*Numida meleagris*). *Poult. Sci.* 0:1–9.
- Song, K. T., S. H. Choi, and H. R. Oh. 2000. A comparison of egg quality of pheasant, chukar, quail and guinea fowl. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 13: 986–990.
- Stark, K. D., M. E. Van Elswyk, M. R. Higgins, C. A. Weatherford, and N. Salem, Jr. 2016. Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. *Prog. Lipid Res.* 63:132–152.
- Van Den Brand, H., H. K. Parmentier, and B. Kemp. 2004. Effects of housing system (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *Br. Poult. Sci.* 45:745–752.
- Wang, X., H. Zhang, H. Wang, J. Wang, S. Wu, and G. Qi. 2017. Effect of dietary protein sources on production performance, egg quality and plasma parameters of laying hens. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 30:400–409.

RÉSUMÉ

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources locales non conventionnelles en alimentation animale. L'objectif de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la qualité des œufs de pintades produits en système d'élevage amélioré. Le régime alimentaire des pintades est composé d'un aliment commercial supplémenté par deux ressources locales non conventionnelles riches en acides gras oméga-3. Il s'agit de la farine des graines d'*Euphorbia heterophylla* et du tourteau des graines d'*Hevea brasiliensis*. Avant l'expérimentation animale, une enquête a été menée pour obtenir une bonne connaissance de l'élevage des pintades et de la production des œufs en Côte d'Ivoire. L'enquête a été effectuée en 2016 sur 97 éleveurs de pintades dans neuf (9) régions et deux districts par une méthode non probabiliste dite en « boule-de-neige ». Les résultats ont montré que la mélagriculture est plus pratiquée dans le système extensif (62,88 %). Les pintades se reproduisaient en saison pluvieuse (88,66 %) à partir de 6 à 7 mois d'âge (62,89 %). La pintade pond en moyenne 100 ± 31 œufs par an. Pour évaluer l'impact de ces ressources locales non conventionnelles sur la qualité des œufs, 144 pintades femelles de souche "Galor" de 42 semaines d'âge ont été utilisées. Les pintades ont été nourries avec, soit un régime témoin (régime commercial "FACI ponte 20"), soit ce régime témoin supplémenté par 5 % de la farine des graines d'*E. heterophylla* ou 5 % de tourteau des graines d'hévéa. Ces régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques. La durée d'alimentation a été de 45 jours et les analyses ont été effectuées sur les œufs prélevés aux jours 15 ; 30 et 45. Les résultats ont montré que l'aliment n'influait pas significativement la qualité physique des œufs. Cependant, l'épaisseur de la coquille augmentait avec le temps. Au niveau des paramètres nutritionnels, le régime supplémenté en farine de graines d'*E. heterophylla* a réduit la teneur en lipides et en cholestérol des œufs respectivement de 8,08 % et de 15,62 %. Ce régime a permis d'augmenter la teneur en protéines de 3,27 % en comparaison aux œufs des pintades témoin. La teneur en acides gras oméga-3 des œufs de pintades ayant reçu la farine des graines d'*E. heterophylla* et du tourteau des graines d'hévéa était respectivement de 2,45 et de 1,75 fois plus que celle des œufs des pintades témoin. La teneur en protéine a baissé au 30^{ème} jour d'alimentation. Les dégustateurs ont préféré les œufs du jour 15 et du jour 45 pour lesquels ils n'ont trouvé aucune différence significative. Cependant, il n'y a pas eu d'effet du régime sur la préférence des consommateurs. Ainsi, les ressources locales non conventionnelles comme les graines d'*E. heterophylla* et les graines d'hévéa peuvent être valorisées dans l'amélioration de la qualité des produits d'élevage comme les œufs.

Mots-clés : *Euphorbia heterophylla*, *Hevea brasiliensis*, oméga-3, régime, œuf de pintade

ABSTRACT

This study is part of the framework of the valorization of unconventional local feed resources. The aim of this work is to contribute to the improvement of the quality of guinea fowl eggs produced in an improved rearing system. The guinea fowl diet is composed of a commercial feed supplemented with two unconventional local resources rich in omega-3 fatty acids. These are *Euphorbia heterophylla* seed meal and *Hevea brasiliensis* seed cake. Prior to animal experimentation, a survey was conducted to obtain a good knowledge of guinea fowl rearing and egg production in Côte d'Ivoire. The survey was conducted in 2016 on 97 guinea fowl farmers in nine (9) regions and two districts using a non-probabilistic method known as "snowball". The results showed that melagriculture is more practiced in the extensive system (62.88 %). Guinea fowl reproduced in the rainy season (88.66 %) from 6 to 7 months of age (62.89 %). The guinea fowl lays an average of 100 ± 31 eggs per year. To assess the impact of these unconventional local resources on egg quality, 144 females guinea fowl of the "Galor" stump aged 42 weeks were used. The guinea fowl were fed either a control diet ("FACI egg-laying 20" commercial diet) or this control diet supplemented with 5 % *E. heterophylla* seed meal or 5 % rubber seed cake. These diets were isoprotein and isoenergetic. Feeding lasted 45 days and analyses were performed on eggs collected on days 15; 30 and 45. The results showed that the diet did not significantly influence the physical quality of the eggs. However, shell thickness increased with time. In terms of nutritional parameters, the diet supplemented with *E. heterophylla* seed meal decreased the lipid and cholesterol content of eggs by 8.08 % and 15.62 % respectively. This diet increased the protein content by 3.27 % compared to control guinea fowl eggs. The omega-3 fatty acid content of the eggs of guinea fowl fed with *E. heterophylla* seed meal and rubber seed meal was 2.45 and 1.75 times higher than that of control guinea fowl eggs, respectively. Protein content was decreased on day 30 of feeding. Tasters preferred eggs from day 15 and day 45, between which they found no significant difference. However, there was no effect of diet on consumer preference. Thus, unconventional local resources such as *E. heterophylla* seeds and rubber tree seeds can be used to improve the quality of livestock products such as eggs.

Keywords: *Euphorbia heterophylla*, *Hevea brasiliensis*, omega 3, diet, guinea fowl egg