

Caractéristiques physiques, qualité technologique et composition proximale des œufs de pintades Bonaparte du Bénin élevées avec ou sans accès au parcours extérieur

[Physical traits, technological quality and proximate composition of eggs of Bonaparte guinea fowl of Benin reared with or without outdoor access]

Tougan P. Ulbad^{1,2}, Domingo I. Anaïs³, Pomalegni B. Charles⁴, Pitale Wéré³, Osseyi G. Elolo³, and Théwis André²

¹Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires de la Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 2760, Abomey-Calavi, Benin

²Unité de Nutrition et d'Ingénierie des Productions Animales de Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgium

³Centre d'Excellence Regional sur les Sciences Aviaires (CERSA-UL), Université de Lomé, Togo

⁴Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884, Cotonou 01, Benin

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The local guinea fowl population of Benin is characterized by a diversity of varieties including Bonaparte reared according to different production systems. The study aims to assess the impact of guinea fowl rearing with or without outdoor access on the egg quality. Therefore, 120 fresh new laid eggs collected from 30 weeks old guinea fowl, of which 60 eggs produced under confinement rearing without outdoor access (lot1) and 60 produced under confinement rearing with outdoor access (lot2) were used for the study. The physical, technological and nutritional parameters of each egg were then evaluated by lot. It appears that the production system had significantly affected the egg shell thickness, the shell weight, the yolk diameter, the intensity of the yolk yellowness index, the yolk hue value and the yolk chromacity value, the yolk percentage, the egg shape index and the albumin percentage ($P < 0.05$). The technological parameters of the eggs were not affected by the production system ($p > 0.05$). Nutritionally, the eggs of the lot 2 were richer in protein (13.81% vs. 13.24%) and total minerals (0.96% vs. 0.92%) than those from the lot 1 ($P < 0, 05$). In contrast, the eggs from lot 1 had recorded the highest fat content (11.8% vs. 11.2%; $P < 0.05$). Significant strong positive correlations were found between the physicochemical and technological parameters of the eggs regardless of the lot ($0.81 \leq r \leq 0.97$; $P < 0.001$). In conclusion, the breeding of local guinea fowl with herbaceous outdoor access improves the guinea fowl egg quality.

KEYWORDS: Benin, breeding, *Numida meleagris*, egg, food security, quality.

RESUME: La population locale de pintade du Bénin est caractérisée par une diversité de variétés dont la Bonaparte exploitées selon différents systèmes de production. L'étude vise à évaluer l'impact de l'élevage des pintades avec accès ou non au parcours extérieur, sur la qualité des œufs. Pour ce faire, 120 œufs frais de pintades âgées de 30 semaines dont 60 issus d'élevage en claustration sans accès au parcours extérieur (lot1) et 60 issus d'élevage avec accès au parcours extérieur (lot2) ont été utilisés pour l'étude. Les paramètres physiques, technologiques et nutritionnels des œufs ont été ensuite évalués par lot. Il en ressort que le système de production a affecté significativement l'épaisseur de la coquille, le poids de la coquille, le diamètre du jaune, l'intensité du jaune à l'échelle Roch, l'indice du jaune de la vitelline, la teinte et la chromacité du jaune d'œuf, le pourcentage du jaune, l'indice de forme de l'œuf et le pourcentage du blanc ($P < 0,05$). Les paramètres technologiques des œufs n'ont pas varié selon le lot ($p > 0,05$). Sur le plan nutritionnel, les œufs du lot2 étaient plus riches en protéine (13,81% vs 13,24%) et en minéraux totaux (0,96% vs 0,92%) que ceux du lot 1 ($P < 0,05$). En revanche, les œufs du lot1 avaient les plus fortes teneurs en matières grasses (11,8% vs 11,2%; $P < 0,05$). Des corrélations positives significatives ont été enregistrées entre les paramètres physico-chimiques et technologiques des œufs quel que soit le lot ($0,81 \leq r \leq 0,97$; $P < 0,001$). En conclusion, l'élevage des pintades locales avec accès au parcours herbacé améliore la qualité des œufs.

MOTS-CLEFS: Bénin, élevage, *Numida meleagris*, ovoproduits, qualité, sécurité alimentaire.

1 INTRODUCTION

Lors du Sommet mondial de l'alimentation de 1996 tenu au Siège de la FAO à Rome (Italie), la sécurité alimentaire a été définie de la façon suivante: "la sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active." L'analyse de la sécurité alimentaire repose sur trois piliers: les disponibilités alimentaires, l'accès à l'alimentation et l'utilisation des aliments [1]. Ces définitions montrent que la sécurité alimentaire constitue un défi majeur pour les pays de l'Afrique subsaharienne. Ces derniers affectés par la pandémie actuelle de la COVID-19 sont de plus en plus confrontés à la baisse de la disponibilité des matières premières et la chute de l'accessibilité alimentaire et des échanges internationaux [2]. Les mesures de protection essentielles recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé [3], pour limiter la propagation du Coronavirus SARS-CoV-2 caractérisées par la suppression des contacts physiques, des déplacements et voyages, la mise en quarantaine, le confinement, la fermeture des frontières de nombreux pays, engendreront une baisse de la productivité des ménages qui aggravera l'insécurité alimentaire déjà existante [2]. Face à cette situation, il s'impose d'accroître la production agricole en l'occurrence la productivité et la production des ressources animales. A cet effet, un grand intérêt doit être porté au développement des espèces à cycle court dans les stratégies d'autosuffisance alimentaire élaborées par les pouvoirs publics.

Au Bénin, le gouvernement a opté dans le cadre de son programme de stratégie de réduction de la pauvreté et de sécurité alimentaire, pour un ensemble de solutions dont la promotion des productions animales basée sur le développement des espèces animales à cycle court dont la pintade locale. A cet effet, la mélagriculture a reçu une attention particulière pour la facilité relative de sa pratique et la forte prolificité des oiseaux. La mélagriculture occupe dès lors une place importante dans les activités agricoles, économiques et sociales du Bénin. Les motivations pour la pratique de la mélagriculture sont notamment la génération de revenus et l'autoconsommation [4], [5], [6], [7]. L'élevage de la pintade occupe la 3^{ème} place après le poulet et le canard en termes d'effectif et d'éleveurs concernés ([8], [9]). La pintade est élevée pour la qualité organoleptique exceptionnelle de sa viande et de ses œufs. Malgré cette motivation, l'élevage de la pintade est handicapé par des facteurs génétiques et non génétiques en l'occurrence, le mode d'élevage [10], [11], [12], [13], [14]. Ces facteurs génétiques et non génétiques peuvent affecter non seulement la productivité des pintades mais aussi la qualité des œufs [15], [16], [17], [18], [19]. Une meilleure connaissance de l'impact de ces facteurs de variation est nécessaire pour améliorer les performances zootechniques et la qualité des œufs de pintades au Bénin.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été initiée et vise en général à évaluer l'influence du système de production sur la qualité des œufs de pintades locale de variété Bonaparte produits au Bénin.

Spécifiquement, il s'agit de:

- Comparer les caractéristiques physiques et technologiques des œufs de pintades locale de souche Bonaparte du Bénin élevés avec ou sans accès au parcours extérieur;
- Déterminer la composition physicochimique proximale des œufs de pintades locale de souche Bonaparte du Bénin élevés avec ou sans accès au parcours extérieur;
- Analyser les relations qui existent entre les paramètres physiques, technologiques et nutritionnels des œufs.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

L'étude a été réalisée à la ferme Mayamido de Parakou dans le Département du Borgou et à l'unité de Qualité et Sécurité des produits Agro-Alimentaires de la Faculté d'Agronomie à l'Université de Parakou au Bénin.

La ville de Parakou, 1^{er} arrondissement de la Commune de Parakou situé dans le Département du Borgou, est repérable selon les coordonnées géographiques 9°21' de latitude Nord et 2°37' de longitude Est, et s'étend sur une superficie de 441 km² avec une population de 255478 habitants [20]. La densité de la population de Parakou est de 339,7 habitants/km².

Le Département du Borgou situé au Nord-Est du pays, est caractérisé par le climat tropical (type soudanien) marqué par des températures plus élevées avec une amplitude thermique journalière pouvant atteindre 10 °C, des minima en août (16°C – 21°C) et des maxima en mars (28°C - 37°C), des précipitations annuelles plus faibles (entre 900 mm et 1100 mm) et l'alternance de deux saisons, l'une sèche (novembre - début mai) et l'autre pluvieuse (mai - octobre). L'humidité relative est de 70% en moyenne. C'est une zone de production agricole surtout d'élevage en raison de la faible humidité relative. Les volailles, les ovins, les caprins, les bovins y sont plus nombreux et de plus grandes tailles.

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 ELEVAGE DES PINTADES

Le matériel animal utilisé dans la présente étude était constitué de 160 pintadeaux de variété Bonaparte âgés de deux mois d'âge. Ces pintadeaux ont été répartis en deux lots (lot1 et lot2). Les oiseaux du lot 1 ont été élevés en claustration sans accès au parcours extérieur. Par contre, les oiseaux du lot 2 ont été élevés en claustration avec accès au parcours extérieur. En élevage en claustration sans accès au parcours extérieur, tous les animaux du lot1 ont été nourris avec les mêmes aliments. Au total, deux types d'aliments (tableau 1) ont été utilisés: aliment de croissance et ponte de teneur en énergie métabolisable respective de 2900 et de 2750 kcal/EM /kg d'aliment et de teneur en protéine brute respective de 18,67% et 13%. L'aliment de croissance a été utilisé du 2^{ème} mois à l'entrée en ponte (24 semaines) et celui de ponte du démarrage de la ponte à la fin de l'expérimentation. Les formules alimentaires ont été mises au point à partir du logiciel Excel en ajustant les apports aux besoins requis pour chaque période de croissance ou de production. Ces formules ont été élaborées à partir des besoins théoriques répertoriés dans les tableaux alimentaires. Les animaux ont été nourris *ad libitum* tout au long de l'étude. Une transition alimentaire a été faite entre les différentes phases sur trois jours par incorporation graduelle à l'aliment à renouveler, respectivement 25, 50 et 75% de la nouvelle ration.

Quant aux animaux du lot 2 élevés en claustration avec accès au parcours extérieur, tous les animaux ont été nourris avec les mêmes aliments que les animaux du lot 1. Toutefois, les animaux du lot 2 bénéficient d'un parcours extérieurs couverts d'herbes où ils divaguent en journée après le service de la ration alimentaire journalière. La composition bromatologique des rations alimentaires utilisées est consignée dans le tableau 1.

L'habitat utilisé pour abriter les pintades dans l'étude est composé de deux bâtiments d'élevage de 24 m² divisés en des compartiments de 6m² à l'aide de grillages dans lesquels les oiseaux répartis en lots (4 répétitions) ont été élevés. Le toit des bâtiments est fait de feuilles de tôles ondulées en aluminium. Le sol est cimenté et les murs de 90 cm de hauteur, sont surmontés de grillage. La litière est constituée de copeaux de bois de 15 cm d'épaisseur. A l'entrée de chaque bâtiment, un pédiluve à base de solution de crésyl a été installé pour désinfecter les pieds à chaque entrée.

Tableau 1. Composition des rations alimentaires utilisées

Ingrédients (%)	Aliment de la phase de Croissance	Aliment de la phase de Ponte
Maïs	59,08	59,8
Soja toasté	6,6	11,7
Tourteau de Soja	14,26	12,8
Tourteau de Coton	9	3
Farine de poisson	5	0
Lysine HCL	0,37	0,2
DL-méthionine	0,36	0,4
Huile de palme	1	0
Phosphate bi-calcique	0,07	2,4
Coquille d'huître	0,89	8,7
Sel (NaCl)	0,18	0,2
Pré-mix	2,94	0
Concentré Minéral Vitaminé (C.M.V.)	0,25	0,2
Composition nutritionnelle		
Énergie Métabolisable (kcal/kg)	2900	2750
Lysine (%)	1,29	0,9
Méthionine (%)	0,64	0,5
Méthionine+ Cystine (%)	1,06	0,4
Calcium (%)	1,02	4
Phosphore disponible (%)	0,49	0,6
Sodium (%)	0,2	0,18
Matière Grasse (%)	6,56	15,3
Protéine Brut (%)	18,67	13
Cellulose brute	7,1	6,2

2.2.2 COLLECTE DES ŒUFS

La collecte des œufs des pintades femelles Bonaparte (Figure 1) a été réalisée au niveau des deux lots d'étude à partir de 30 semaines d'âge. Au total 120 œufs frais ont été collectés dans la matinée à raison de 60 œufs par lot et utilisés dans le cadre de cette étude.



Fig. 1. Pintades locales de variété Bonaparte

2.2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Les données collectées dans cette étude sont relatives aux caractéristiques physique, la qualité et à la composition proximale des œufs par lot.

Par rapport aux caractéristiques physiques, le poids de l'œuf entier, le poids du blanc d'œuf, le poids du jaune d'œuf et le poids de la coquille ont été déterminés à l'aide d'une balance KERN 770 de 100 g d'une précision de 1 g. La longueur de l'œuf, la largeur de l'œuf, l'épaisseur de la coquille, le diamètre du jaune ont été mesurés à l'aide d'un pied coulissant digital (précision 0.01 mm) de marque Stainless Hardened. L'épaisseur du blanc et celle du jaune ont été mesurées à l'aide d'un trépied digital de précision 0.01 mm. Les indices de forme de l'œuf et du jaune d'œuf ont été calculés par rapport à leur largeur respective sur leur longueur multipliée par 100. Les pourcentages des différents composants (jaune d'œuf, blanc d'œuf, coquille) de l'œuf par rapport au poids de l'œuf entier sont calculés. Le volume de l'œuf a été déterminé selon l'équation de la formule 1 décrite par Hoyt [21].

$$\text{Formule 1: Volume de l'œuf (cm}^3\text{)} = 0,51 \times \text{longueur de l'œuf (cm)} \times [(\text{largeur de l'œuf (cm)})]^2$$

La gravité spécifique de l'œuf a été déterminée selon l'équation de la formule 2 [18], [19].

$$\text{Formule 2: Gravité spécifique (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{poids de l'œuf (g)}}{\text{volume de l'œuf (cm}^3\text{)}}$$

Sur le plan technologique, le pH du blanc d'œuf, le pH du jaune d'œuf, l'intensité du jaune à l'échelle Roch et l'unité Haugh ont été enregistrés. Les mesures de pH ont été réalisées à l'aide d'un pH-mètre (marque HANNA) muni d'une sonde spécialisée. Cet appareil a été calibré avec deux étalons pH-mètre: pH=4,1 et pH= 7,1 suivant un mode opératoire fourni par le fabricant (HANNA Instrument °, Italie).

La couleur a été déterminée selon les normes du Comité International d'Éclairage (CIE) à l'aide d'un colorimètre CR-400 dans le système trichromatique (CIELAB L* a* b*) après étalonnage de l'appareil. L* correspond à la luminosité, a* à l'indice du rouge et b* à l'indice du jaune. Pour chaque mesure, 6 répétitions ont été réalisées. La saturation ou Chroma (C) et la teinte (h) ont été déterminées respectivement suivant les formules 3 et 4 [18], [19].

$$\text{Formule 3: Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Formule 4: Hue} = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

L'Unité Haugh (HU) est calculée selon l'équation de la formule 5 décrite par Haugh [19].

$$\text{Formule 5: HU} = 100 \times \log (\text{Hb} - 1,7\text{W}^{0,37} + 07,57)$$

Avec Hb = hauteur de l'albumen épais et W = poids de l'œuf entier.

Sur le plan nutritionnel, les teneurs en matières sèches, en cendres, en matières grasses et en protéines de l'œuf ont été déterminées par lot selon les procédures normalisées recommandées par l'AOAC [22].

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel Statistical Analysis System (SAS 9.2). La procédure des Modèles Linéaires Généralisée (Proc GLM) a été utilisée pour l'analyse de variance. Le système de production a été utilisé comme source de variation. La signification de l'effet du mode de production a été déterminée par le test de T. Le seuil de différence significative utilisé est 5%. Les corrélations entre les caractéristiques physiques et la qualité technologique des œufs ont été déterminées en utilisant la procédure *proc corr* du SAS. Les valeurs moyennes des différents paramètres ont été exprimées sous forme de moyenne plus ou moins erreur standard.

3 RESULTATS

3.1 VARIABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET LA QUALITÉ INTERNE DES ŒUFS

La variabilité des caractéristiques physiques et la qualité interne des œufs de pintade en relation avec le mode d'élevage sont présentées dans le tableau 2. En dehors de l'épaisseur, du poids et du pourcentage de la coquille, du diamètre et de l'intensité du jaune, l'indice du jaune, la teinte et la chroma du jaune d'œuf, l'indice de forme, et le pourcentage du blanc et du jaune d'œuf qui ont été affectés significativement par le mode d'élevage, les autres paramètres de la composition physique et de la qualité technologique des œufs étudiés n'ont pas varié significativement en fonction du mode d'élevage des pintades ($p > 0,05$). En effet, l'épaisseur de la coquille des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage en claustration sans accès au parcours extérieur (0,53 mm), est significativement plus élevée ($p < 0,01$) que celle des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage en claustration avec accès au parcours extérieur (0,48 mm). Le poids de la coquille a également présenté la valeur la plus élevée ($p < 0,05$) chez les pintades du lot 1 (7,32 g) comparativement à celle enregistrée chez les pintades du lot 2 (6,64 g). De même, le pourcentage de la coquille des œufs de pintades sans accès au parcours extérieur (16,03%) est significativement plus élevé ($p < 0,001$) que celui des œufs de pintades élevées avec accès au parcours extérieur (14,67%). Par contre, l'intensité du jaune à l'échelle Roch des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage en claustration avec accès au parcours extérieur (10,75) est très significativement plus élevée ($p < 0,001$) que celui obtenu chez les œufs de pintades élevées en claustration sans accès au parcours extérieur (3,66). Cependant, le diamètre du jaune de l'œuf des pintades du lot 1 (45,24 mm) est significativement plus élevé ($p < 0,001$) que celui des œufs des pintades du lot 2 (41,97 mm). Les œufs de pintades du lot 1 ont présenté un indice de la forme de l'œuf de 78,22 contre 76,51 enregistré chez les œufs de pintades du lot 2 ($p < 0,05$). Par ailleurs, le pourcentage du blanc de l'œuf est de 53,84% chez les œufs de pintades élevées en claustration avec accès au parcours extérieur contre 51,03% chez les pintades élevées en claustration sans accès au parcours extérieur ($p < 0,001$). En revanche, le pourcentage du jaune de l'œuf des pintades élevées en claustration sans accès au parcours extérieur (32,92%) est plus élevé ($p < 0,05$) que celui des œufs de pintades élevées en claustration avec accès au parcours extérieur (31,4%). En outre, l'indice du jaune, la teinte et la chroma du jaune d'œuf ont été affectés par le mode d'élevage avec les plus fortes valeurs de l'indice du jaune d'œuf et de la chroma du jaune d'œuf enregistrées chez les pintades élevées en claustration avec accès au parcours extérieur. Toutefois, la plus forte teinte du jaune d'œuf été notée chez les pintades élevées en claustration sans accès au parcours extérieur.

Tableau 2. Effet du mode d'élevage sur les caractéristiques physiques et la qualité interne des œufs de pintade

Variables	Lot 1		Lot 2		Effet du mode d'élevage
	Moyenne	ES	Moyenne	ES	
Poids de l'œuf (g)	45,60	0,68	45,25	0,63	NS
Longueur (cm)	5,07	0,03	5,14	0,03	NS
Hauteur (cm)	3,96	0,02	3,93	0,02	NS
Epaisseur de la coquille (mm)	0,53	0,01	0,48	0,01	**
Poids jaune d'œuf (g)	15,00	0,23	14,25	0,28	NS
Poids blanc d'œuf (g)	23,27	0,43	24,35	0,40	NS
Poids coquille (g)	7,32	0,22	6,64	0,12	*
Epaisseur blanc d'œuf (mm)	4,92	0,17	5,25	0,18	NS
Epaisseur jaune d'œuf (mm)	14,74	0,34	14,75	0,25	NS
Diamètre jaune d'œuf (mm)	45,24	0,67	41,97	0,49	***
Pourcentage de la coquille de l'œuf (%)	16,03	0,35	14,67	0,17	**
Pourcentage du blanc d'œuf (%)	51,03	0,55	53,84	0,55	**

Pourcentage du jaune d'œuf (%)	32,92	0,44	31,48	0,40	*
pH blanc d'œuf	8,80	0,05	8,70	0,06	NS
pH jaune d'œuf	6,39	0,02	6,42	0,04	NS
Intensité du jaune d'œuf à l'échelle Roch	3,66	0,27	10,75	0,25	***
Luminance du jaune	58,68	1,75	57,7	1,83	NS
Indice du rouge du jaune d'œuf	8,08	0,92	6,79	0,95	NS
Indice du jaune du jaune d'œuf	24,4	1,57	33,7	1,59	**
Teinte du jaune	20,66	1,35	11,49	1,28	***
Chroma du jaune	25,71	1,65	34,8	1,48	***
Indice de forme de l'œuf	78,22	0,53	76,51	0,40	*
Indice de forme du jaune d'œuf	32,79	1,10	35,25	0,83	NS
Gravité spécifique de l'œuf (g/cm ³)	1,11	0,004	1,11	0,005	NS
Unité Haugh	73,85	1,29	76,51	1,30	NS
Volume de l'œuf (cm ³)	40,74	0,63	40,74	0,66	NS

NS: Non Significatif ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$. ES: Erreur Standard.

3.2 VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION PROXIMALE DES ŒUFS DE PINTADE EN RELATION AVEC LE MODE D'ÉLEVAGE

La variabilité de la composition proximale des œufs de pintade en relation avec le mode d'élevage (avec ou sans accès au parcours extérieur) sont présentées dans le tableau 3. En dehors de la teneur en matières sèches qui n'a pas varié significativement en fonction du mode d'élevage des pintades ($p>0,05$), les autres paramètres nutritionnels ont été affectés par le mode de production. En effet, les teneurs en protéine et en minéraux totaux des œufs de pintades élevées avec accès au parcours herbacé extérieur, ont été significativement plus élevées que celles enregistrées au niveau des œufs de pintades élevées sans accès au parcours herbacé extérieur ($p<0,05$). En revanche, la plus forte teneur en matières grasses des œufs a été notée dans les œufs de pintades élevées sans accès au parcours herbacé extérieur ($p<0,05$).

Tableau 3. Effet du mode d'élevage sur la composition proximale des œufs de pintade

Variables	Lot 1		Lot 2		Effet du mode d'élevage
	Moyenne	ES	Moyenne	ES	
Teneur en MS	26,32	0,18	26,54	0,21	NS
Teneur en Protéines	13,24	0,12	13,81	0,2	**
Teneur en matière grasse	11,8	0,32	11,2	0,23	*
Teneur en cendres (minéraux totaux)	0,92	0,01	0,96	0,01	*

NS: Non Significatif ($P>0,05$); * $P<0,05$; ** $P<0,01$; ES: Erreur Standard.

3.3 CORRÉLATION ENTRE LES PARAMÈTRES DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET LA QUALITÉ INTERNE DES ŒUFS DE PINTADE DU LOT 1

Les corrélations entre les paramètres des caractéristiques physiques et de la qualité interne des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage moderne sont présentées dans le tableau 4. Il en ressort que le poids de l'œuf est fortement et positivement corrélé avec la hauteur de l'œuf, le poids du blanc de l'œuf, le pH du jaune de l'œuf, et le volume de l'œuf ($0,81 \leq r \leq 0,97$; $p<0,001$), moyennement et positivement corrélé avec la longueur de l'œuf et le poids du coquille de l'œuf ($r = 0,73$; $r = 0,76$; $p<0,01$), faiblement et positivement associé à l'épaisseur de la coquille de l'œuf et au poids du jaune de l'œuf ($r = 0,55$; $r = 0,64$; $p<0,05$), mais faiblement et négativement corrélé avec le pH du blanc de l'œuf ($r = -0,56$; $p<0,05$). D'autre part, la longueur de l'œuf est moyennement et positivement associée au poids du jaune de l'œuf, l'épaisseur du blanc de l'œuf, le pH du jaune de l'œuf et le volume de l'œuf ($0,67 \leq r \leq 0,76$; $p<0,01$), faiblement et positivement liée au poids de la coquille de l'œuf et à l'unité Haugh ($r = 0,52$; $r = 0,61$; $p<0,05$), mais faiblement et négativement associé à l'indice de forme de l'œuf ($r = -0,62$; $p<0,05$). La hauteur de l'œuf est fortement et positivement corrélée avec le poids du blanc de l'œuf et le volume de l'œuf ($r = 0,89$; $r = 0,92$; $p<0,001$), moyennement et négativement corrélée avec le pH du blanc de l'œuf ($r = -0,65$; $p<0,01$), et faiblement et positivement associée à l'épaisseur de la coquille de l'œuf, au poids de la coquille de l'œuf et au pH du jaune de l'œuf ($0,54 \leq r \leq 0,62$; $p<0,05$).

L'épaisseur de la coquille est moyennement et positivement corrélée avec le poids de la coquille de l'œuf ($r = 0,69$; $p<0,01$), moyennement et négativement associée à l'intensité du jaune de l'œuf à l'échelle Roch ($r = -0,70$; $p<0,01$), et faiblement et positivement corrélée avec le pH du jaune de l'œuf, et le volume ($0,56 \leq r \leq 0,6$; $p<0,05$). Le poids du jaune de l'œuf est faiblement et positivement

corrélé avec le poids de la coquille de l'œuf, le pH du jaune de l'œuf et le volume de l'œuf ($0,51 \leq r \leq 0,61$; $p < 0,05$). De même, le poids du blanc de l'œuf est fortement et positivement associé au volume de l'œuf ($r = 0,88$; $p < 0,001$), et faiblement et positivement associé à l'épaisseur du blanc de l'œuf et au pH du jaune de l'œuf ($r = 0,54$; $p < 0,05$). Par ailleurs, l'épaisseur du blanc de l'œuf est fortement et positivement corrélée avec l'unité Haugh ($r = 0,97$; $p < 0,001$), faiblement positivement associé au le volume de l'œuf ($r = 0,52$; $p < 0,05$), et faiblement et négativement associé à la gravité spécifique de l'œuf ($r = -0,51$; $p < 0,05$). De même, l'épaisseur du jaune de l'œuf est fortement et positivement corrélée avec l'indice de forme du jaune de l'œuf ($r = 0,94$; $p < 0,001$), mais moyennement et négativement associé au diamètre du jaune de l'œuf ($r = -0,68$; $p < 0,01$).

Le pH du blanc de l'œuf est faiblement et négativement associé au volume de l'œuf ($r = -0,51$; $p < 0,05$). Par contre, le pH du jaune de l'œuf est moyennement et positivement corrélé avec le volume de l'œuf ($r = 0,77$; $p < 0,01$), faiblement et négativement associé à l'intensité du jaune de l'œuf à l'échelle Roch ($r = -0,55$; $p < 0,05$). Cependant, la gravité spécifique de l'œuf est faiblement et négativement associée à l'unité Haugh ($r = -0,54$; $p < 0,05$).

Tableau 4. Corrélation entre les caractéristiques physiques et la qualité interne des œufs issus du lot 1

Variables	POeuf	LONG	HAUT	EPCQ	PJA	PBL	PCQ	EPBL	EPJA	DJA	PHBL	PHJA	YCF	Indice-F	Indice-J	GSO	HU	Vol
PCeuf	1																	
LONG	0,73**	1																
HAUT	0,88***	0,39 ^{NS}	1															
EPCQ	0,55*	0,47 ^{NS}	0,54*	1														
PJA	0,64*	0,67**	0,30 ^{NS}	0,19 ^{NS}	1													
PBL	0,81***	0,50 ^{NS}	0,89***	0,39 ^{NS}	0,15 ^{NS}	1												
PCQ	0,76**	0,52*	0,62*	0,69**	0,57*	0,36 ^{NS}	1											
EPBL	0,42 ^{NS}	0,72**	0,29 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,54*	0,16 ^{NS}	1										
EPJA	0,26 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,20 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	0,72**	-0,26 ^{NS}	1									
DJA	0,19 ^{NS}	0,51 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,35 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,14 ^{NS}	-0,16 ^{NS}	0,47 ^{NS}	-0,68**	1								
PHBL	-0,56*	-0,06 ^{NS}	-0,65**	-0,12 ^{NS}	-0,39 ^{NS}	0,42 ^{NS}	-0,47 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	1							
PHJA	0,85***	0,76**	0,61*	0,56*	0,61*	0,54*	0,86***	0,46 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,12 ^{NS}	-0,41 ^{NS}	1						
YCF	-0,36 ^{NS}	-0,24 ^{NS}	-0,39 ^{NS}	-0,70**	0,00 ^{NS}	-0,29 ^{NS}	-0,52*	-0,15 ^{NS}	-0,30 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,55*	1					
Indice-F	0,05 ^{NS}	-0,62*	0,47 ^{NS}	0,02 ^{NS}	-0,38 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,43 ^{NS}	0,18 ^{NS}	-0,52*	-0,49 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	1				
Indice-J	0,10 ^{NS}	-0,22 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,46 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	0,55*	-0,35 ^{NS}	0,94***	-0,87***	-0,01 ^{NS}	0,24 ^{NS}	-0,34 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1			
GSO	-0,04 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,30 ^{NS}	-0,35 ^{NS}	0,46 ^{NS}	-0,44 ^{NS}	0,22 ^{NS}	-0,51*	0,47 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,20 ^{NS}	-0,17 ^{NS}	0,32 ^{NS}	1		
HU	0,21 ^{NS}	0,61*	0,10 ^{NS}	0,22 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,97***	-0,32 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,29 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,49 ^{NS}	-0,38 ^{NS}	-0,54*	1	
Vol	0,97***	0,72**	0,92***	0,60*	0,51*	0,88***	0,68**	0,52*	0,14 ^{NS}	0,20 ^{NS}	-0,51*	0,77**	-0,39 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,02 ^{NS}	-0,26 ^{NS}	0,33 ^{NS}	1

NS: Non Significatif ($P > 0,05$); *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$; **P** Œuf: Poids de l'œuf (g); **LONG**: Longueur (cm); **HAUT**: Hauteur (cm); **EPCQ**: Epaisseur de la coquille (mm); **PJA**: Poids jaune d'œuf (g); **PBL**: Poids blanc d'œuf (g); **PCQ**: Poids coquille (g); **EPBL**: Epaisseur blanc d'œuf (mm); **EPJA**: Epaisseur jaune d'œuf (mm); **DJA**: Diamètre jaune d'œuf (mm); **PHBL**: pH blanc d'œuf; **PHJA**: pH jaune d'œuf; **YCF**: Intensité du jaune d'œuf à l'échelle Roch; **Indice-F**: Indice de forme de l'œuf; **Indice-J**: Indice de forme du jaune d'œuf; **GSO**: Gravité spécifique de l'œuf; **HU**: Unité Haugh; **Vol**: Volume de l'œuf (mm³).

3.4 CORRÉLATION ENTRE LES PARAMÈTRES DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET LA QUALITÉ INTERNE DES ŒUFS DE PINTADES DU LOT 2

Les corrélations entre les paramètres des caractéristiques physiques et de la qualité interne des œufs de pintades élevées en claustration avec accès au parcours extérieur sont présentées dans le tableau 5. En effet, le poids de l'œuf est fortement et positivement corrélé avec la longueur de l'œuf, la hauteur de l'œuf et le volume de l'œuf ($0,84 \leq r \leq 0,95$; $p < 0,001$), faiblement et positivement associé au poids du jaune de l'œuf et au poids de la coquille de l'œuf ($r = 0,75$; $r = 0,74$ $p < 0,05$). De même, la longueur de l'œuf est moyennement et positivement corrélée avec le poids du jaune de l'œuf, le poids de la coquille de l'œuf et le volume de l'œuf ($0,83 \leq r \leq 0,87$; $p < 0,01$), faiblement et positivement associé au poids du blanc de l'œuf ($r = 0,58$; $p < 0,05$). La hauteur de l'œuf est fortement et positivement corrélée avec le poids du blanc de l'œuf et le volume de l'œuf ($r = 0,92$; $r = 0,96$; $p < 0,001$), moyennement et négativement corrélée avec la gravité spécifique de l'œuf ($r = -0,79$; $p < 0,01$), faiblement et positivement associé au poids de la coquille de l'œuf ($r = 0,33$; $p < 0,05$). Cependant, l'épaisseur de la coquille est faiblement et positivement corrélée avec le poids de la coquille de l'œuf ($r = 0,67$; $p < 0,05$). De plus, le poids du jaune de l'œuf est fortement et positivement corrélé avec le poids de la coquille de l'œuf ($r = 0,89$; $p < 0,001$). Le poids du blanc de l'œuf est moyennement et positivement corrélé avec le volume de l'œuf ($r = 0,88$; $p < 0,01$), faiblement et négativement corrélé avec la gravité spécifique de l'œuf ($r = -0,67$; $p < 0,05$). De même, le poids de la coquille est faiblement et positivement associé au pourcentage de la coquille de l'œuf ($r = 0,71$; $p < 0,05$). De plus, l'épaisseur du blanc de l'œuf est fortement et positivement corrélée avec l'unité Haugh ($r = 0,98$ $p < 0,001$), moyennement et positivement corrélée avec l'épaisseur du jaune de l'œuf et l'indice de forme du jaune de l'œuf ($r = 0,85$; $r = 0,83$; $p < 0,01$). L'épaisseur du jaune de l'œuf est moyennement corrélée positivement avec l'indice de forme du jaune de l'œuf et l'unité Haugh ($r = 0,86$; $r = 0,81$; $p < 0,01$).

Quant au diamètre du jaune de l'œuf, il est faiblement associé négativement à l'intensité du jaune de l'œuf à l'échelle Roch ($r = -0,70$; $p < 0,05$). L'indice de forme de l'œuf est par contre faiblement et négativement associé à la gravité spécifique de l'œuf ($r = -0,62$; $p < 0,05$). L'indice de forme du jaune de l'œuf est aussi fortement corrélé positivement avec l'unité Haugh ($r = 0,84$; $p < 0,001$). Enfin, la gravité spécifique de l'œuf est faiblement et positivement associée au volume de l'œuf ($r = -0,64$; $p < 0,05$).

Tableau 5. Corrélation entre les caractéristiques physiques et la qualité interne des œufs issus du lot 2

Variables	P ŒUF	LONG	HAUT	EPCQ	PJA	PBL	PCQ	EPBL	EPJA	DJA	PHBL	PHJA	YCF	Indice-F	Indice-J	GSO	HU	VOL
P ŒUF	1																	
LONG	0,92***	1																
HAUT	0,84***	0,63 ^{NS}	1															
EPCQ	0,31 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,04 ^{NS}	1														
PJA	0,75*	0,87**	0,37 ^{NS}	0,43 ^{NS}	1													
PBL	0,80 ^{NS}	0,58*	0,92***	-0,01 ^{NS}	0,21 ^{NS}	1												
PCQ	0,74*	0,83**	0,33*	0,67*	0,89***	0,24 ^{NS}	1											
EPBL	0,35 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,45 ^{NS}	1										
EPJA	0,45 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,85**	1									
DJA	0,50 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,40 ^{NS}	-0,32 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	1								
PHBL	-0,13 ^{NS}	-0,16 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,5 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	-0,44 ^{NS}	1							
PHJA	0,49 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,07 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,29 ^{NS}	-0,35 ^{NS}	1						
YCF	-0,50 ^{NS}	-0,31 ^{NS}	-0,63 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	-0,34 ^{NS}	-0,44 ^{NS}	-0,33 ^{NS}	0,07 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	-0,70*	0,17 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	1					
Indice-F	-0,19 ^{NS}	-0,51 ^{NS}	0,35 ^{NS}	-0,45 ^{NS}	-0,64 ^{NS}	0,32 ^{NS}	-0,64 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	-0,23 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,3 ^{NS}	1				
Indice-J	0,10 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,23 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,83**	0,86**	-0,63 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,12 ^{NS}	1			
GSO	-0,37 ^{NS}	-0,18 ^{NS}	-0,79**	0,23 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,67*	0,19 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,21 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	-0,33 ^{NS}	-0,33 ^{NS}	0,49 ^{NS}	-0,62*	0,26 ^{NS}	1		
HU	0,16 ^{NS}	0,03 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,98***	0,81**	-0,40 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	0,14 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	0,84***	0,49 ^{NS}	1	
VOL	0,95***	0,83**	0,96***	0,17 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,88**	0,55 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,49 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,51 ^{NS}	-0,59 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,64*	-0,05 ^{NS}	1

NS: Non Significatif ($P > 0,05$); *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$; P Œuf: Poids de l'œuf (g); LONG: Longueur (cm); HAUT: Hauteur (cm); EPCQ: Epaisseur de la coquille (mm); PJA: Poids jaune d'œuf (g); PBL: Poids blanc d'œuf (g); PCQ: Poids coquille (g); EPBL: Epaisseur blanc d'œuf (mm); EPJA: Epaisseur jaune d'œuf (mm); DJA: Diamètre jaune d'œuf (mm); PHBL: pH blanc d'œuf; PHJA: pH jaune d'œuf; YCF: Intensité du jaune d'œuf à l'échelle Roch; Indice-F: Indice de forme de l'œuf; Indice-J: Indice de forme du jaune d'œuf; GSO: Gravité spécifique de l'œuf; HU: Unité Haugh; Vol: Volume de l'œuf (mm^3).

4 DISCUSSION

4.1 VARIABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET LA QUALITÉ INTERNE DES ŒUFS

La composition physique et la qualité interne des œufs de pintade ont significativement varié en fonction du mode d'élevage.

En dehors de l'épaisseur de la coquille de l'œuf, du poids de la coquille de l'œuf, du diamètre du jaune de l'œuf, de l'intensité du jaune de l'œuf à l'échelle Roch, de l'indice de forme de l'œuf, du pourcentage de la coquille de l'œuf, du pourcentage du blanc de l'œuf et du pourcentage du jaune d'œuf, les autres paramètres de la composition physique et de la qualité interne des œufs étudiés dans la présente étude n'ont pas varié significativement en fonction du mode d'élevage des pintades. Plusieurs études ont démontré qu'en dehors de la qualité technologique et organoleptique des œufs, la composition physique des œufs n'est pas affectée par le mode d'élevage [23], [24]. Cependant, selon les références [25], [26], [27], et [28], le poids des œufs est plus élevé dans le système d'élevage en cage. De même, les références [29], [30], et [31] ont enregistré des œufs plus lourds dans le système d'élevage en claustration sur litière. Selon la référence [32], les œufs les plus longs ont été plus enregistrés dans le système en claustration par rapport aux systèmes sur parcours extérieur et ce phénomène pourrait être expliqué par le fait que les œufs relativement plus larges ont un ratio surface/volume inférieur qui a pour conséquence une diminution relative de la perte de poids due à l'évaporation.

L'épaisseur de la coquille des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage en claustration sans accès au parcours extérieur, est significativement plus élevée que celle des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage traditionnel. De même, de nombreux travaux antérieurs ont rapporté que des paramètres de qualité tels que l'épaisseur de la coquille d'œuf, l'unité Haugh et l'index du jaune sont plus élevés dans les systèmes de production en cage que sur litière [25], [17], [33]. Contrairement à nos résultats, les œufs de poules élevées en liberté ont une épaisseur de la coquille plus élevée et une coquille plus dure comparativement aux œufs produits en cages conventionnelles [34]. Les plus grandes épaisseurs et résistance de la coquille d'œuf ont été enregistrées sur les œufs des poules élevées sur parcours extérieures [26], car même si le métabolisme du calcium et du phosphore chez les poules élevées sur parcours extérieures n'est pas bien connu, on pourrait spéculer que l'activité de marche a comme conséquence un métabolisme minéral plus efficace. Ce

constat justifie le fait que l'épaisseur de la coquille d'œuf par rapport au système de production, pourrait être utilisée comme bio-indicateur pour la santé et/ou la production de poule pondeuse [32].

En raison de l'interaction entre les divers facteurs influençant la qualité des œufs, certaines combinaisons de ces facteurs peuvent avoir comme conséquence, une réduction ou une augmentation de l'effet de n'importe quels paramètres de la qualité des œufs. Selon la référence [32], les oiseaux mis en claustration produisent des œufs dont la qualité de coquille diminue avec l'âge, tandis que chez les oiseaux élevés sur parcours extérieurs, cette caractéristique reste constante et tend même à augmenter avec l'âge.

Le poids de la coquille de l'œuf est plus élevé chez les pintades élevées selon le mode d'élevage en claustration sans accès au parcours extérieur comparativement à la valeur enregistrée chez les œufs de pintades élevées avec accès au parcours extérieur. Des résultats similaires à ceux de la présente étude sur le poids de la coquille des œufs, ont été rapportés par les références [35], [36], et [37]. Selon ces auteurs, les œufs des poules pondeuses élevées en claustration ont un poids moyen de coquille (6,62 g) supérieur à celui des œufs de poules de race locale élevées dans un système traditionnel (4,44 g).

Concernant le diamètre du jaune de l'œuf, les pintades élevées selon le mode d'élevage sans accès au parcours extérieur ont présenté une valeur très significativement plus élevée que celle des œufs des pintades élevées selon le mode d'élevage avec accès au parcours extérieur. Toutefois, l'épaisseur du blanc et du jaune d'œuf, le pH du blanc et du jaune d'œuf et l'unité Haugh n'ont pas varié significativement en fonction du mode d'élevage. Des auteurs ont également rapporté que l'épaisseur de l'albumen a diminué avec l'âge chez les poules mises en cage [38], tandis que les poules élevées sur parcours extérieures ont présenté une épaisseur d'albumen plus variable avec l'augmentation de l'âge [32]. Selon les auteurs [26], l'effet du système de production sur les unités Haugh dépend de la souche de pondeuse. En effet chez les poules Lohmann, des valeurs sensiblement plus basses de l'unité Haugh ont été trouvées dans le système de production sur parcours extérieur, tandis que les poules Lohmann élevées dans un système de production en claustration ont présenté des valeurs plus élevées mais non-significatives [26]. Ceci suggère fortement une importante dépendance des caractéristiques de l'albumen des conditions expérimentales ou environnementales. Selon les auteurs [38], le pH de l'albumen des œufs de poules élevées en claustration a diminué avec l'âge des poules. Cependant, des auteurs [32] ont rapporté une augmentation du pH de l'albumen jusqu'à la 41^{ème} semaine, avec une diminution plus tardive qui serait due selon l'auteur, à un développement plus avancé de l'embryon à l'oviposition ou une plus grande activité métabolique en œufs des poules plus anciennes [39].

Dans la présente étude, l'intensité du jaune à l'échelle Roch, l'indice du jaune (b^*) et la chroma de la vitelline des œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage avec accès au parcours extérieur est très significativement plus élevée que celui obtenu chez les œufs de pintades élevées selon le mode d'élevage sans accès au parcours extérieur. Cette différence serait due à la consommation des végétaux disponibles sur le parcours libre des pintades en divagation. Selon les auteurs [32], la couleur du jaune était plus foncée dans l'élevage sur parcours libre en comparaison avec le système de production en cage conventionnelle. Etant donné que la couleur du jaune est en grande partie déterminée par des xanthophylles [32], un jaune plus foncé dans le système sur parcours libre serait dû à la possibilité que les poules aient consommé d'autres aliments, tels que les végétaux riches en pigments. La référence [40] a indiqué qu'il y a une relation entre la couleur du jaune et l'acceptabilité des œufs comme aliment et que la couleur du jaune plus foncée pourrait être préférée par des consommateurs.

4.2 VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION PROXIMALE DES ŒUFS DE PINTADE EN RELATION AVEC LE MODE D'ÉLEVAGE

De la présente étude, il ressort que les teneurs en protéines et minéraux totaux des œufs de pintades élevées avec accès au parcours herbacé extérieur, ont été plus élevées que celles enregistrées au niveau des œufs de pintades élevées sans accès au parcours herbacé extérieur. En revanche, la plus forte teneur en matière grasse des œufs a été notée dans les œufs de pintades élevées sans accès au parcours herbacé extérieur. Cette variabilité de la teneur en macronutriments des œufs serait due à la variabilité des régimes alimentaires des pintades des deux lots étudiés. Des résultats similaires sur l'impact du mode de production sur la qualité des œufs ont été aussi rapportés par la référence [19] chez les poules de race Lohman Brown élevées avec ou sans promoteur de croissance.

Les valeurs des teneurs en matières sèches, protéine, matières grasses et minéraux totaux des œufs de pintades enregistrés dans la présente étude sont comparables à celles rapportées par [41], [42] et [43] sur les pintades. Selon la référence [44], l'œuf de poule produit sur parcours libre pourrait probablement être le meilleur en qualité nutritionnelle que ceux produits dans la claustration, mais il faut cependant noter que le régime imprévisible des poules élevées sur parcours libre produira des œufs imprévisibles [45].

4.3 CORRÉLATION ENTRE LES PARAMÈTRES DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET LA QUALITÉ INTERNE DES ŒUFS DE PINTADE DU LOT 1

Dans la présente étude, des corrélations significatives positives ou négatives enregistrées entre les propriétés physiques et les paramètres technologiques de l'œuf montrent que l'on peut prédire la qualité interne des œufs notamment celle de l'albumen à partir des mesures physiques. Les auteurs de la référence [46] ont également enregistré des corrélations positives et élevées entre le poids de l'œuf et la longueur de l'œuf, la hauteur de l'œuf et le poids de la coquille de l'œuf et entre la hauteur de l'œuf et le poids de la coquille et l'indice de forme de la coquille chez trois phénotypes de poules locales en accord avec les travaux de plusieurs autres auteurs [49];

[46]. Selon la référence [46], la hauteur de l'œuf a été identifiée comme un bon indicateur pour l'estimation de l'indice de forme de l'œuf.

Les références [49] et [46] ont rapporté que l'indice de forme de l'œuf peut être utilisé comme critère dans la détermination de la rigidité de la coquille de l'œuf. Par ailleurs, les valeurs de corrélations obtenues entre la hauteur de l'œuf et la longueur de l'œuf sont similaires à ceux enregistrés par les références [47] et [48] chez les poulets locaux à cou nu et à plumes frisées. Des corrélations significativement fortes et positives ont été obtenues entre le poids de l'albumen et les composantes de l'œuf et le volume de l'œuf chez les poules locales à cou nu, normales et naines de Tswana [46]. Des corrélations significativement faibles et positives ont été observées entre le poids de l'albumen et le poids du jaune d'œuf chez les poules locales à cou nu, normales et naines de Tswana [46].

La référence [50] a aussi rapporté des corrélations faibles et positives entre le poids de l'albumen et le poids du jaune d'œuf chez les poules locales naines mais faibles et négatives entre le poids de l'albumen et le poids du jaune d'œuf chez les poules locales soudanaises à cou nu ($r=0,25$ et $-0,11$ respectivement). Selon la référence [46], ces résultats indiquent que la sélection pour l'amélioration du poids moyen de l'albumen pourrait guider l'amélioration de toutes les composantes de l'œuf et en accord avec les auteurs de la référence [51] qui rapportaient que l'albumen a une influence majeure sur l'ensemble de la qualité interne de l'œuf. Le poids de l'œuf est fortement corrélé positivement avec le poids de l'œuf, le poids du blanc d'œuf et le poids de la coquille et aussi moyennement corrélé positivement avec le volume de l'œuf [46].

Les valeurs des coefficients de corrélations enregistrées entre le poids de la coquille et la longueur de l'œuf sont en accord avec les résultats de [48]. La référence [52] a rapporté que le poids de l'œuf a une corrélation négative avec la qualité de la coquille de l'œuf.

La référence [53] dans l'étude sur la détermination des corrélations phénotypiques entre les caractéristiques de la qualité interne et externe des œufs de pintades, ont observé des corrélations moyennement positives entre le poids de l'œuf et le poids de l'albumen (0,201) ainsi qu'une corrélation positive significativement élevée entre le poids de l'œuf et le poids du jaune (0,569). Les références [52], [54] et [7] ont enregistré des corrélations positives significativement élevées entre le poids de l'œuf, le poids de l'albumen et le poids du jaune. Selon [53], ces résultats suggèrent que les valeurs élevées du poids de l'albumen et du jaune et la hauteur de l'œuf pourraient contribuer à l'amélioration du poids de l'œuf. Ainsi la sélection basée sur le poids des œufs, invariablement résulterait en de meilleures valeurs du poids de l'albumen et du jaune qui seront utilisés pour le développement embryonnaire et par conséquent contribuer à la production de pintadeaux de qualité supérieure.

Des corrélations négatives significativement élevées ($-0,656$) ont été enregistrées entre l'indice de forme de l'œuf et le diamètre du jaune d'œuf. Ce résultat pourrait être considéré comme une situation exceptionnelle car le diamètre du jaune est un paramètre très important dans la détermination de l'indice de forme du jaune d'œuf. Par ailleurs, l'indice de forme du jaune est fortement corrélé positivement avec l'épaisseur de l'albumen (0,570). Selon [53] l'amélioration du diamètre et épaisseur du jaune et de l'épaisseur de l'albumen, contribuerait à un meilleur indice de forme du jaune qui est un indicateur important de la fraîcheur de l'œuf.

Chez les pintades des deux modes d'élevage, l'épaisseur du blanc est fortement corrélée positivement avec l'unité Haugh. De même l'épaisseur du jaune est fortement corrélée positivement avec l'indice de forme du jaune d'œuf et moyennement associée positivement au pourcentage de la coquille de l'œuf. Des corrélations négatives ont été enregistrées entre l'épaisseur du jaune d'œuf et l'indice forme du jaune. Des relations similaires entre des paramètres physico-chimiques des œufs ont été aussi rapportées par la référence [47].

Les œufs des pintades élevés selon le mode d'élevage avec accès au parcours extérieur ont affiché plus de variations pour plusieurs caractéristiques et ont ainsi été affectés par les conditions environnementales. Il semble être plus difficile de maintenir une qualité externe et interne des œufs constante dans un système sur parcours extérieur que dans un système en claustration totale. Si ces considérations ont des conséquences sur la maîtrise de la reproduction (les paramètres d'incubation, les performances d'éclosion et post-éclosion) ou la qualité du produit telle que l'utilisation dans les produits alimentaires, alors les facteurs qui déterminent les grandes variations, particulièrement celles de la qualité interne des œufs, méritent et expriment ainsi le besoin d'être étudiés. Une bonne exploitation des résultats de la présente étude contribuera à la sécurité alimentaire dans le contexte actuel caractérisé par la pandémie de la Covid-19 [55].

5 CONCLUSION

Il ressort de l'étude que le système de production avec ou sans accès au parcours extérieur herbacé affecte significativement certaines caractéristiques physiques et la composition proximale des œufs de pintade. En effet, les œufs des pintades élevés avec accès au parcours naturel sont plus colorés, plus riche en protéine et en minéraux totaux, et légèrement moins gras que les œufs de pintades élevés sans accès au parcours herbacé extérieur. Les relations observées entre les paramètres physiques et ceux de la qualité interne de l'œuf montrent qu'on peut prédire la qualité interne des œufs à partir des mesures physiques externes.

Des travaux complémentaires sur la composition en acides gras, en acides aminés et en minéraux des œufs des deux lots étudiés sont nécessaires pour approfondir leur caractérisation nutritionnelle. Il serait également judicieux de déterminer les prises alimentaires des pintades élevés avec accès libre au parcours naturel.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient infiniment le Centre d'excellence Régional des Sciences Aviaires (CeRSA) de l'Université de Lomé (Togo), l'ARES-CCD et le Laboratoire d'Analyse-Qualité-Risques de Gembloux Agro-Bio Tech de l'Université de Liège en Belgique pour leurs contributions.

REFERENCES

- [1] FAO, FIDA, OMS, PAM, and UNICEF, "L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2019. Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques", Rome, FAO. 253p, 2019.
- [2] P. U. Tougan, E. Yayi-Ladekan, I. Imorou-Toko, C. Guidime, and A. Thewis, "Dietary behaviors, food accessibility, and handling practices during SARS-CoV-2 pandemic in Benin", *The North African Journal of Food and Nutrition Research. Special Issue (2020)*; 04 (10): S08- S18, 2020. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4266796>.
- [3] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), "Travel advice and recommendations during the COVID-19 outbreak", <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/travel-advice>, 2020.
- [4] C. Chrysostome, "Méthodologie de développement de la pintade au Bénin", Thèse de doctorat. Sciences Agronomiques, Institut national Agronomique, Paris-Grignon, 190p et Annexes, 1995.
- [5] C. Chrysostome, "Utilisation des termites pour le démarrage des pintadeaux: essai pintadeaux: essai d'alimentation en milieu rural", In: Workshop, M'Bour, Sénégal, 9-13 décembre, 117-124, 1997.
- [6] J. C. Moreki, "Guinea Fowl Production", Poultry and Rabbits Section, Division of Non-Ruminants, Department of Animal Production, Private Bag 0032, Gaborone, Botswana. <http://www.gov.bw/global/moa/guinea%20fowl%20production.pdf>. 11p, 2010.
- [7] T. Tebesi, O. R. Madibela and J.C. Moreki, "Effect of storage time on internal and external characteristics of Guinea fowl (*Numida meleagris*) Eggs", *J Anim Sci Adv*, 2 (6): 534-542, 2012.
- [8] M. Fandy, "La situation actuelle de l'aviculture villageoise au Bénin". Communication donnée à l'atelier national pour la promotion de la filière avicole au Bénin", MAEP. 8p. FAO. 2005.
- [9] U. P. Tougan, M. Dahouda, C. F. A. Salifou, G. S. Ahounou, T. M. Kpodekon, G. A. Mensah, N. F. D. Kossou, C. Amenou, E. C. Kogbeto, G. Lognay, A. Thewis, A. K. I. Youssao, Nutritional quality of meat of local poultry population of *Gallus gallus* specie of Benin. *Journal of Animal and Plant Science*. 19, 2, 2908-2922, 2013. ISSN: 2071-7024.
- [10] M. Dahouda, S.S. Toleba, A.K.I. Youssao, S. Bani Kogui, S. Yacoubouaboubakari, and J.L. Hornick, "Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin", *Family Poult.*, 17, 3-14, 2007.
- [11] M. Halbouche, M. Didi, N. Bourezak, and Lamari S., "Performance de Ponte, de Reproduction et de Croissance de la Pintade Locale *Numida Meleagris* en Algérie", *European Journal of Scientific Research*, 47 (3), 320-333, 2010.
- [12] P. Laurenson, "Détermination des paramètres zootechniques de la pintade locale dans la région du Borgou" (mémoire d'Ingénieur), Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux: Gembloux, 81p, 2002.
- [13] R. H. Sanfo, Boly, L. Sawadogo, and B. Ogle, "Caractéristiques de l'élevage villageois de la pintade locale (*Numida meleagris*) au centre du Burkina Faso", *Tropicicultura*, 25 (1), 31-36, 2007.
- [14] R. Sanfo, H. Boly, L. Sawadogo, and O. Brian, "Performances pondérales de la pintade locale (*Numida meleagris*) en système d'alimentation améliorée dans la zone centrale du Burkina Faso", *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 61 (2), 135-140, 2008.
- [15] J. R. Roberts, and W. Ball, "Egg quality guidelines for the Australian egg industry", Australian Egg Corporation Limited Publication 03/19, 32pp, 2004.
- [16] A. Vits, D. Weitzenburger, H. Hamann, and O. Distl, "Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes", *Poultry Science*, 84, 1511-1519, 2005.
- [17] E. Tůmová, L. Zita, M. Hubený, M. Skřivan, and Z. Ledvinka, "The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens", *Czech Journal of Animal Science*, 52, 26-3, 2007.
- [18] F. A. Al-Obaidi, S. M. Al-Shadeedi and A. S. Mousa, "Egg Morphology, Quality and Chemical Characteristics of Ostrich *Struthio camelus camelus*", *Al-Anbar J. Vet. Sci.*; 162-167p, 2012.
- [19] U. P. Tougan, E. Yayi-Ladekan, A. M. Alassani, M. P. Adanlin, G. B. Koutinhoun, and M. M. Soumanou, "Influence of Follar Organic Fertilizer DI Grow on the Physicochemical and Nutritional Characteristics of Lohman Brown Eggs Reared in Sokode", *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, Vol. 17 No. 1, pp. 01-09ISSN: 2509-0119, 2019.
- [20] RGPB-Bénin, "Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Commune de Parakou", 150p. 2013.
- [21] D. F. Hoyt, "Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs", Department of Physiology, School of Medicine, State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York 14214 USA, 1978.
- [22] AOAC, "Association of Official Analytical Chemists. 17th Edn., Official methods of Analysis". Washington D.C., USA, 2000.
- [23] I. J. M. De Boer, and A. M. G. Cornelissen, "A Method Using Sustainability Indicators to Compare Conventional and Animal-Friendly Egg Production Systems". *Poultry Science*. 81: 173-181. 2002.
- [24] R. Tauson, "Management and housing systems for layers – effects on welfare and production", *World's Poultry Science Journal*, 61, 477-490, 2005.

- [25] M. Moorthy, K. Sundaresan, and K. Viswanathan, "Effect of feed and system management on egg quality parameters of commercial White Leghorn Layers", *Indian Veterinary Journal*, 77, 233–236, 2000.
- [26] M. Leyendecker, H. Hamann, J. Hartung, J. Kamphues, C. Ring, G. Glunder, C. Ahlers, I. Sander, U. Neumann, and O. Distl, "Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength-1st communication: Performance traits", *Zuchtungskunde* 73,290-307, 2001.
- [27] Z. Ledvinka, L. Zita, and L. Klesalová, "Egg quality and some factors influencing it: a review. *Scientia agriculturae bohemica*", 43, 2012 (1): 46–52, 2012.
- [28] M. J. Jendral, J. S. Church and J. J. Feddes, "Assessing the welfare of layers hens housed in conventional, modified and commercially-available furnished battery cages", In: *Proceedings of 22nd World Poultry Congress, Istanbul, Turkey*, 4 pp (CD), 2004.
- [29] E. Tumova and Z. Ledvinka, "The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg component weight and eggshell quality", *Arch Geflugelkd* 73. 2009.
- [30] V. Pištěková, M. Hovorka, V. Večerek, E. Straková and P. Suchý, "The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system", *Czech Journal of Animal Science*, 51, 318–325, 2006.
- [31] L. Zemková, M. Simeonovová, M. Lichovníková and K. Smerlíková, "The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg", *Czech Journal of Animal Science*, 52, 110–115, 2007.
- [32] H. Van Den Brand, H.K. Parmentier and B. Kemp, "Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics", *British Poultry Science*. 45: 745–752, 2004.
- [33] M. Lichovníková and L. Zeman, "Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality", *Czech Journal of Animal Science*, 53, 162–168, 2008.
- [34] B. Hughes, P. Dun, M. C. Corquodale, "Shell strength of eggs from medium bodied hybrid hens housed in cages or in range in outside pens", *Br Poult. Sci.*, 26, 129-136, 1985.
- [35] N. Moula, N.A. Moussiaux, E. Decypere, F. Farnir, K. Mertens, J. De Baerdemaeker, and P. Leroy, "Comparative study of egg quality traits in two Belgian local breeds and two commercial lines of chickens", *Arch. Geflugekd.*, 74 (3), 164– 171, 2010. DOI: <http://www.europeanpoultry-science-lines-of-xNA.html>.
- [36] L. Dahloun, M. Halbouche and A. Arabi, "Evaluation de la Qualité des Oeufs chez deux Phénotypes de Poules Locales: Cou Nu-Frisées et Normalement Emplumées. Comparaison avec les Œufs de Souche Commerciale", *Revue Agriculture*, 09 (2015): 10 – 18, 2015. DOI: <http://revue-agro.univsetif.dz/documents/Numero-9/Dalhoum.pdf>.
- [37] S. Samandoulougou, A.J. Ilboudo, G.S. Ouedraogo, S.B. Touwendsida, W.T. Fidèle, H. Compaore, A. Dao, A. Zoungrana, A. Savadogo and A.S. Traore, "Qualité physico-chimique et nutritionnelle des œufs de poule locale et de race améliorée consommés à Ouagadougou au Burkina Faso", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (2): 737-748, 2016.
- [38] F. G. Silversides and T.A. Scott, "Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens", *Poult Sci*, 80: 1240-1245, 2001.
- [39] C. Lapaço, L. T. Gama and M. Chaveiro Soares, "Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability", *Poultry Science* 78: 640–645, 1999.
- [40] Y. Nys, "Dietary carotenoids and Egg yolk coloration. A review", *Arch. Geflugelk.*, 64, 45-54, 2000.
- [41] T. F. Emmanuel, J. O. Omole, E. Joseph, and B. A. Utu, "Variation in Micronutrients Contents and lipid profile of some avian eggs", *American Journal of Experimental Agriculture*, 1 (4): 343-354, 2011.
- [42] I. O. Dudusola, "Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl", *International Research Journal of Plant Science*. 1 (5): 112-115, 2010.
- [43] I. M. Fakai, I. Sani and O. S. Olalekan, "Proximate composition and cholesterol content of egg obtained from various bird species", *Journal of Harmonized Research in Medical & Health Sci.* 2 (2), 2015, 18-25, 2015.
- [44] E. I. Adeyeye, "Characteristic Composition of Guinea Fowl (*Numida Meleagris*) Egg. *Int. J. Pharma Bio. Sci.*; 1: 1-9, 2010.
- [45] Egg Food, "Egg food safety scheme: Periodic review of the risk assessment", Page 1 à 15, 2009.
- [46] A. G. Bobbo, S. S. Baba and M. S. Yahaya, "Egg Quality Characteristics of Three Phenotypes of Local Chickens in Adamawa State", *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* e-ISSN: 2319-2380, p-ISSN: 2319-2372. Volume 4, Issue 2 (Jul. - Aug. 2013), PP 13-21, 2013.
- [47] A. Yakubu, O. M. Oga, and R. E. Barde, "Productivity and Egg Quality Characteristics of Free Range Naked Neck and Normal feathered Nigerian indigenous Chickens", *International Journal of Poultry Science*, 7 (6): 579-588, 2008.
- [48] O. Olawumi, "Pathogenicity of Newcastle Disease virus isolate in guinea fowl", *Trop. Anim. Health Prod.*, 2001, 33,313-320 pathology. *Avian Pathol*, 2001, 30, 209-214. 2008.
- [49] A.L. Yannakopoulos, and A.S. Tserveni-Gousi, "Quality characteristics of quail eggs. *Br Poult Sci*, 27, 171-176, 1986.
- [50] I. A. Yousif and N.M. Eltayeb, "Performance of Sudanese native dwarf and bare neck chicken raised under improved traditional production system", *Agric. Biol. J. N. Am.* 2: 860-866, 2011.
- [51] H.E. Nonga, F. Kajuna, H.A. Ngowi and E. D. Karimuribo, "Physical egg quality characteristics of free-range local chickens in Morogoro municipality, Tanzania", *Livestock Research for Rural Development* 22 (12): 1-9, 2010.
- [52] S. Kul, I. Seker, "Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)", *Int J Poult Sci*, 3, 400-405, 2004.

- [53] S. Alkan, T. Karsli, A. Galic and K. Karabağ, "Determination of Phenotypic Correlations Between Internal and External Quality Traits of Guinea Fowl Eggs", *J. Faculty Vet. Med. Univ. Kafkas*; 19 (5): 861-867, 2013.
- [54] O. M. Obike and K. E. Azu, "Phenotypic correlations among body weight, external and internal egg quality traits of pearl and black strains of guinea fowl in a humid tropical environment", *J. Anim. Sci. Adv.*, 2: 857-864, 2012.
- [55] U. P. Tougan, A. Théwis, "Covid-19 and Food Security in Sub-Saharan Africa: Implications and Proactive Measures to Mitigate the Risks of Malnutrition and Famine", *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, Vol. 20 (1), 172-193, 2020.