

**Effet de la farine d'asticots de mouches soldats noires sur les paramètres
hématologiques et biochimiques de la caille japonaise (*Coturnix japonica*).**

RESUME

La farine de poisson, longtemps utilisée comme source protéique en aviculture, est aujourd'hui limitée par son coût croissant et son impact environnemental. Dans ce contexte, la farine d'asticots de mouches soldats noires apparaît comme une alternative durable. Cette étude conduite à la ferme expérimentale de l'Université Nangui ABROGOUA (Abidjan), vise à évaluer l'impact de cette substitution sur les paramètres hématologiques et biochimiques de 600 cailles japonaises. Ces cailles ont été réparties en cinq lots (RT, R25, R50, R75, R100) correspondant à des taux croissants de remplacement de la farine de poisson par la farine d'asticots. Les analyses sanguines réalisées à six semaines d'âge, révèlent des améliorations significatives des paramètres hématologiques dans les lots R75 et R100 : augmentation des leucocytes, lymphocytes (R75 : $64,67 \pm 0,75\%$ et R100 : $64,75 \pm 0,34\%$), globules rouges (R75 : $3,33 \pm 0,37.10^6/\mu\text{l}$ et R100 : $3,63 \pm 0,33.10^6/\mu\text{l}$), hémoglobine (R75 : $9,90 \pm 0,52\text{g/dL}$ et R100 : $10,67 \pm 0,46\text{g/dL}$) et plaquettes (R75 : $16,00 \pm 1,73.10^3/\mu\text{l}$ et R100 : $17,83 \pm 0,29.10^3/\mu\text{l}$), traduisant un renforcement immunitaire et une meilleure capacité de transport d'oxygène. Sur le plan biochimique, les fonctions rénales sont restées stables (urée, créatinine), tandis que l'acide urique et les protéines totales ont augmenté, indiquant une utilisation optimale des acides aminés. Les transaminases hépatiques révèlent une stabilité de l'Alanine aminotransférase et une diminution de l'Aspartate aminotransférase, excluant tout signe de cytolyse. Les paramètres lipidiques n'ont pas varié, hormis une légère baisse du HDL-cholestérol. Enfin, les concentrations en calcium et potassium ont augmenté, renforçant les fonctions neuromusculaires. Ainsi, la substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots ne présente aucune toxicité et améliore plusieurs indicateurs physiologiques. Elle constitue une alternative protéique viable et durable pour l'aviculture.

Mots clés : Caille japonaise, Asticots séchés, paramètres sanguins, protéine alternative.

ABSTRACT

**Effect of black soldier fly larvae meal on hematological and biochemical parameters of
the Japanese quail (*Coturnix japonica*).**

Fishmeal, long used as a protein source in poultry production, is increasingly limited by its rising cost and environmental impact. In this context, black soldier fly larvae meal emerges as

a sustainable alternative. This study, conducted at the experimental farm of NANGUI ABROGOUA University (Abidjan), aimed to evaluate the impact of this substitution on hematological and biochemical parameters in 600 Japanese quails. The quails were distributed into five groups (RT, R25, R50, R75, R100), corresponding to increasing replacement levels of fishmeal with larvae meal. Blood analyses performed at six weeks of age revealed significant improvements in hematological parameters in groups R75 and R100: increased leukocytes, lymphocytes (R75: $64.67 \pm 0.75\%$ and R100: $64.75 \pm 0.34\%$), red blood cells (R75: $3.33 \pm 0.37 \times 10^6/\mu\text{l}$ and R100: $3.63 \pm 0.33 \times 10^6/\mu\text{l}$), hemoglobin (R75: 9.90 ± 0.52 g/dL and R100: 10.67 ± 0.46 g/dL), and platelets (R75: $16.00 \pm 1.73 \times 10^3/\mu\text{l}$ and R100: $17.83 \pm 0.29 \times 10^3/\mu\text{l}$), indicating enhanced immune function and improved oxygen transport capacity. At the biochemical level, renal functions remained stable (urea, creatinine), while uric acid and total proteins increased, suggesting optimal utilization of amino acids. Hepatic transaminases showed stable alanine aminotransferase activity and decreased aspartate aminotransferase activity, excluding any evidence of cytolysis. Lipid parameters did not vary, except for a slight decrease in HDL-cholesterol. Finally, calcium and potassium concentrations increased, reinforcing neuromuscular functions. Thus, the substitution of fishmeal with larvae meal presents no toxicity and improves several physiological indicators. It constitutes a viable and sustainable protein alternative for poultry production.

Keywords: Japanese quail, dried larvae, blood parameters, alternative protein.

INTRODUCTION

La farine de poisson est traditionnellement utilisée comme source protéique majeure dans l'alimentation des volailles, en raison de sa haute teneur en acides aminés essentiels et de sa digestibilité. Cependant, sa production exerce une pression considérable sur les ressources marines et contribue à la surexploitation des stocks halieutiques (Greenpeace, 2025 ; Telquel, 2025). De plus, l'augmentation constante de son prix limite son accessibilité pour les éleveurs (FiBL, 2012). Dans ce contexte, les farines issues d'insectes, notamment celles des larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), apparaissent comme une alternative durable. Elles présentent une teneur protéique élevée et une valeur énergétique compétitive par rapport à la farine de poisson (Burel *et al.*, 2016 ; Sissoko *et al.*, 2024). De plus, leur production repose sur le recyclage de biodéchets, ce qui favorise une économie circulaire et réduit l'impact environnemental. Chez les volailles, l'évaluation des effets de nouvelles sources protéiques ne peut se limiter aux performances de croissance. Les paramètres hématologiques et biochimiques constituent des indicateurs fiables de l'état de santé, du métabolisme et de la tolérance aux régimes alimentaires alternatifs (Prod'Homme, 2020 ; Guilloton & Prod'homme, 2025). Des études antérieures sur les rats ont montré que la substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots pouvait entraîner des modifications biochimiques et histologiques, suggérant la nécessité d'investigations approfondies chez les volailles (Bouafou *et al.*, 2011). La présente étude vise à évaluer l'effet suscité par l'incorporation de farine d'asticots de mouches soldats noires séchés (FAS) dans des rations alimentaires de la caille japonaise, sur les paramètres hématologiques et biochimiques.

MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

Site et période d'étude

Cette étude a été menée à Abidjan précisément à la ferme expérimentale de l'Université NANGUI ABROGOUA (UNA). L'expérimentation a duré neuf mois et l'analyse laboratoire s'est effectuée sur une période de trois mois.

Matériel

Matériel biologique

L'étude a porté sur un total de six cent (600) cailleaux non sexés âgés d'un jour (Figure 2), ayant un poids moyen initial de $7,83 \pm 0,47$ g au début de l'expérimentation. Les sujets

proviennent tous de l'éclosion d'œufs collectés à la ferme expérimentale de l'Université NANGUI ABROGOUA.



Figure 2 : Cailleaux d'un jour

Matériel d'élevage

L'élevage des cailles japonaises s'est déroulé dans un bâtiment ouvert, favorisant une bonne circulation de l'air et une régulation naturelle de la température, conditions essentielles au bien-être des oiseaux. A l'intérieur, les cailles étaient logées dans des cages grillagées avec des mailles 12 mm x 12 mm. Ces cages, fabriquées à partir de grillage métallique, permettent non seulement de garantir une bonne hygiène grâce à l'évacuation facile des déjections, mais aussi de faciliter la surveillance des sujets. Au démarrage, les cages ont été recouvertes de plastique pour maintenir une température adéquate de 35 à 38 °C à l'intérieur pendant la première semaine de vie des cailleaux (période de chauffage). A l'intérieur de ces cages sont installées des ampoules chauffantes de 100 Watts pour produire la chaleur et éclairer l'intérieur. L'aliment et l'eau de boisson ont été respectivement servis dans des mangeoires anti-gaspillages et des abreuvoirs siphoniques.

Matériel de prélèvement sanguin

Les prélèvements sanguins ont été effectués à l'aide de seringues stériles 5cc de capacité 5ml. Le sang prélevé a été collecté dans trois types de tubes. Ce sont les tubes mauves « EDTA K₃ » et les tubes rouges « lisses ou tubes sérum ». Ceux-ci ont été placés à l'intérieur d'une glacière pour être transportés.

116 **Matériel de laboratoire**

117 Les échantillons de sang prélevés sur les caillies ont été analysés grâce à un matériel de
118 laboratoire. Celui-ci a été composé d'un automate d'hématologie de modèle Caretium XI-921
119 et d'un spectromètre (ROCHE COBAS C111) respectivement d'origine chinoise et suisse.

120 **Méthodes**

121 **Dispositif expérimental et conduite de l'essai**

122 L'étude expérimentale s'est déroulée dans un bâtiment ouvert équipé de cages grillagées, avec
123 un suivi rigoureux des conditions d'ambiances (température, éclairage, aération). Un total de
124 600 cailleteaux non sexés, âgés d'un jour, a été réparti aléatoirement en cinq (05) lots de 120
125 sujets. Chacun des lots correspondait à chaque régime alimentaire (RT, R25, R50, R75 et
126 R100), identifiant respectivement les taux de substitution (0 %, 25 %, 50 %, 75 % et 100 %)
127 de la farine de poisson par la farine d'asticot séchés. Chaque lot de 120 sujets a été subdivisé
128 en trois (03) sous-groupes de 40 cailleteaux chacun. D'un stade physiologique à l'autre, les
129 animaux ont reçu un aliment ayant le même taux d'incorporation de farine d'asticots séchés.

130 **Prélèvement et transport des échantillons de sang**

131 Le prélèvement du sang a été effectué à la fin de la phase de croissance (six semaines d'âge),
132 sur 60 sujets, dont 12 par lot. La prise de sang s'est effectuée au niveau de la veine alaire à
133 l'aide d'une seringue. Ainsi, deux (02) ml de sang ont été prélevés dans des tubes EDTA pour
134 l'hématocrite et deux (02) ml dans des tubes stériles pour les analyses des paramètres
135 biochimiques sanguins. Les prélèvements de sang ont été effectués tôt le matin, puis
136 acheminés immédiatement au laboratoire pour analyse.

137 **Numération formule sanguine (NFS)**

138 L'établissement de la numération de la formule sanguine nous renseigne sur le nombre
139 d'érythrocytes, le taux d'hémoglobine, d'hématocrite, du volume globulaire moyen, de la
140 teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine, de la concentration corpusculaire moyenne en
141 hémoglobine, du nombre total de leucocytes, des polynucléaires neutrophiles, des
142 polynucléaires éosinophiles, des polynucléaires basophiles, des lymphocytes et les monocytes
143 **(Langford *et al.*, 2003).**

144 Le principe du Sysmex est basé sur la technique de la variation de l'impédance et sur le
145 procédé de détection optique. Les particules sanguines sont numérisées en tenant compte de

leur taille, de leur masse et de leurs polarités. La détection spécifique des paramètres afférents à chaque cellule sanguine suit le même procédé que celui défini par **Vassault et al. (1999)**. Ainsi, toute particule de volume supérieur à 35 fentolitres (fl) est comptée comme un globule blanc et toute particule de volume inférieur à 36 fentolitres est comptée comme globule rouge.

Le sang prélevé avec anticoagulant EDTA est dilué avec du pocH-pack-D (diluant) dans le bac de comptage de l'automate dans lequel est déterminé le nombre de globule rouge. Un volume de lyse, pocH-pack-L pour 2 volumes du diluant est ensuite ajouté automatiquement pour obtenir une dilution finale au 1/500. L'adjonction du pocH-pack-L lyse les globules rouge et réduit le stroma cellulaire résiduel à un niveau non détectable par l'appareil. L'hémoglobine est libérée pendant la lyse des globules rouge et convertie en méthémoglobine.

Une partie de cet échantillon dilué, est automatiquement transférée vers le photomètre de l'appareil dans lequel l'absorption du pigment respiratoire est mesurée pour déterminer sa concentration. L'autre partie de l'échantillon dilué est utilisée par le microprocesseur de l'automate pour déterminer les indices érythrocytaires, les taux de globule blancs et le taux de plaquettes sanguines (**Coulibaly, 2024**).

Etude des paramètres biochimiques

L'analyse des paramètres biochimiques a été faite par un spectromètre (ROCHE COBAS C111). Ces paramètres sont répartis en plusieurs groupe notamment les paramètres du métabolisme des protéines (protéines totales, albumine, urée, acide urique, créatinine), Les paramètres du métabolisme des lipides (cholestérol, HDL cholestérol, LDL cholestérol, triglycérides), les paramètres hépatiques (ALAT, ASAT) et les paramètres du métabolisme des minéraux (calcium). L'alanine aminotransférase a été mesurée par la méthode cinétique décrite par **Coulibaly (2024)**.

La concentration sérique d'aspartate aminotransférase a été déterminée par la méthode cinétique décrite par **Tietz (1995)** et **Young (1997)**.

L'Urée a été déterminée par la méthode enzymatique. Un volume de 1,5 ml du réactif de travail et 10 µL de sérum ont été introduits dans des tubes. Les tubes ont été agités et la lecture a été effectuée au spectrophotomètre à l'absorbance de 340 nm après 2 min (**Teinkala et al., 2006 ; Coulibaly, 2024**).

Le dosage sérique de la créatinine a été réalisé par la méthode cinétique avec le Kit « Créatinine Jaffe Colorimetric - kinetic » (**Siby, 2008**). Une quantité de 1 ml du réactif de

travail a été additionnée à 10 µL de sérum. La valeur de la créatinine a été lue au spectrophotomètre à 500 nm.

Le cholestérol a été dosé par la méthode colorimétrique avec le kit de dosage ENZOPAKCHOLESTEROL liquide (Coulibaly, 2024).

La mesure des concentrations sériques de triglycérides a été réalisée par une méthode colorimétrique avec le kit « Triglycérides GPO-POD Liquid » (Boukertouta, 2014 ; Coulibaly, 2024).

La mesure des concentrations sériques des protéines totales a été réalisée par dosage colorimétrique avec le kit « Total Protein Biuret. Colorimetric » (Coulibaly, 2024).

Le dosage du calcium a été faite par la méthode colorimétrique décrite par Tietz (1995), Young (1997) et Coulibaly (2024). Dans un tube à hémolyse, ont été introduits 600 µL des réactifs A et B chacun auquel ont été ajoutés 5 µL de sérum. Le tube a été agité et incubé à 37 °C pendant 2 min. La valeur de la concentration du calcium a été lue à une longueur d'onde de 570 nm.

Traitements et analyses statistiques

Les paramètres sanguins ont été traités à l'aide du logiciel statistique Graph Pad. Le test de Bonferroni a été utilisé pour ordonner les moyennes significativement différentes. Les valeurs ont été considérées statistiquement significatives pour un seuil de probabilité P inférieur à 0,05.

RESULTATS

Effets de la farine d'asticots de mouches soldats noires sur les paramètres hématologiques des cailles japonaises en croissance (six semaines d'âge).

Les paramètres hématologiques étudiés sont les leucocytes, les plaquettes, les érythrocytes et ses constantes.

Paramètres leucocytaires

L'analyse du sang des différents lots de cailles en croissance effectuée a montré des variations significatives des paramètres leucocytaires, excepté le taux des polynucléaires éosinophiles et des monocytes (Tableau I). Ainsi, les taux de globules blancs des lots R100 ($87,92 \pm 1,57\%$)

et R75 ($83,11 \pm 2,08\%$) ont été significativement ($p < 0,001$) plus élevés que ceux des lots RT ($77,76 \pm 1,10\%$), R25 ($77,99 \pm 0,72\%$) et R50 ($80,23 \pm 1,84\%$). De même, les taux de lymphocytes des lots R100 ($64,75 \pm 0,34\%$) et R75 ($64,67 \pm 0,75\%$) ont été significativement ($p < 0,01$) plus élevés que ceux des lots RT ($62,23 \pm 0,98\%$), R25 ($62,49 \pm 0,54\%$) et R50 ($63,05 \pm 0,84\%$). Le taux de polynucléaires hétérophiles du lot R100 ($5,83 \pm 0,63\%$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevés que ceux des lots RT ($1,53 \pm 0,23\%$), R25 ($1,33 \pm 0,12\%$), R50 ($1,85 \pm 1,10\%$) et R75 ($2,78 \pm 0,99\%$). En outre, le taux des polynucléaires basophiles du lot R100 ($6,33 \pm 0,29\%$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevés que ceux des lots RT ($3,33 \pm 0,58\%$), R25 ($3,67 \pm 0,58\%$), R50 ($4,67 \pm 0,29\%$) et R75 ($4,67 \pm 0,58\%$). Cependant, les différences du taux de polynucléaires basophiles des lots RT ($3,33 \pm 0,58\%$) et R25 ($3,67 \pm 0,58\%$) ont été significative ($p < 0,001$) par rapport aux lots R50 ($4,67 \pm 0,29\%$) et R75 ($4,67 \pm 0,58\%$). Par contre, aucune différence significative n'a été observée au niveau du taux des polynucléaires éosinophiles et des monocytes.

Paramètres érythrocytaires et plaquettaire

Les résultats de l'analyse des paramètres érythrocytaires et plaquettaire des caillies en croissance (6 semaines d'âge) sont présentés dans le **Tableau II**. Ces résultats montrent que :

Les valeurs des globules rouges des lots R100 ($3,63 \pm 0,33.10^6/\mu\text{l}$) et lot R75 ($3,33 \pm 0,37.10^6/\mu\text{l}$) ont été significativement ($p < 0,01$) plus élevées que celles des lots RT ($2,55 \pm 0,23.10^6/\mu\text{l}$), R25 ($2,58 \pm 0,18.10^6/\mu\text{l}$) et R50 ($2,61 \pm 0,22.10^6/\mu\text{l}$). De même, le volume globulaire moyen (VGM) des lots R100 ($137,83 \pm 0,49\text{fL}$) et lot R75 ($137,10 \pm 0,95\text{fL}$) ont été significativement ($p < 0,001$) plus élevés que ceux des lots RT ($130,27 \pm 1,72\text{fL}$), R25 ($130,33 \pm 1,10\text{fL}$) et R50 ($134,37 \pm 1,55\text{fL}$). Cependant, il existe une différence significative ($p < 0,001$) entre le VGM du lot R50 ($134,37 \pm 1,55\text{fL}$) et ceux des lots RT ($130,27 \pm 1,72\text{fL}$) et R25 ($130,33 \pm 1,10\text{fL}$).

La concentration d'hémoglobine (HGB) du lot R100 ($10,67 \pm 0,46\text{g/dL}$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevée que celles des lots RT ($8,27 \pm 0,30\text{g/dL}$), R25 ($8,57 \pm 0,11\text{g/dL}$), R50 ($9,00 \pm 0,17\text{g/dL}$) et R75 ($9,90 \pm 0,52\text{g/dL}$). Cependant, la concentration d'hémoglobine du lot R75 ($9,90 \pm 0,52\text{g/dL}$) a été significativement ($p < 0,001$) supérieure à celles des lots RT ($8,27 \pm 0,30\text{g/dL}$), R25 ($8,57 \pm 0,11\text{g/dL}$) et R50 ($9,00 \pm 0,17\text{g/dL}$).

Par ailleurs, la Teneur corpusculaire moyenne en hématocrite (TCMH) et la Concentration corpusculaire moyenne en hématocrite (CCMH) n'ont subi aucune variation significative ($p > 0,05$) d'un lot à un autre. Quant à la quantité de thrombocyte, elle a varié significativement (p

241 < 0,001) d'un lot à un autre. Le nombre de plaquettes sanguines (PLT) du lot R100 ($17,83 \pm$
 242 $0,29.10^3$ / μ l) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevé que ceux des lots TR ($13,33 \pm$
 243 $0,58.10^3$ / μ l), R25 ($13,67 \pm 0,58.10^3$ / μ l), R50 ($15,20 \pm 0,35.10^3$ / μ l) et R75 ($16,00 \pm 1,73.10^3$
 244 / μ l).

245

246 **Tableau I : Paramètres leucocytaires**

Paramètres leucocytaires	Différents lots de caillies					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
GB (10^3 /μl)	$77,76 \pm 1,10^c$	$77,99 \pm 0,72^c$	$80,23 \pm 1,84^c$	$83,11 \pm 2,08^b$	$87,92 \pm 1,57^a$	< 0,001
PNH (%)	$1,53 \pm 0,23^b$	$1,33 \pm 0,12^b$	$1,85 \pm 1,10^b$	$2,78 \pm 0,99^b$	$5,83 \pm 0,63^a$	< 0,001
PNB (%)	$3,33 \pm 0,58^c$	$3,67 \pm 0,58^c$	$4,67 \pm 0,29^b$	$4,67 \pm 0,58^b$	$6,33 \pm 0,29^a$	< 0,001
PNE (%)	$10,67 \pm 0,58^a$	$10,50 \pm 0,50^a$	$10,67 \pm 0,76^a$	$11,00 \pm 1,00^a$	$11,00 \pm 1,73^a$	0,961
LYM (%)	$62,23 \pm 0,98^b$	$62,49 \pm 0,54^b$	$63,05 \pm 0,84^b$	$64,67 \pm 0,75^a$	$64,75 \pm 0,34^a$	< 0,01
MONO (%)	$0,81 \pm 0,95^a$	$1,17 \pm 0,78^a$	$1,87 \pm 2,11^a$	$1,96 \pm 1,98^a$	$2,93 \pm 0,26^a$	0,449

247

248 *Ces valeurs sont les moyennes $\pm$ erreur standard sur les moyennes. Les valeurs moyennes*
 249 *avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$)*
 250 *selon le test de Bonferroni. GB : Globule blanc ; PNH : Polynucléaire Hétérophile ; PNB :*
 251 *Polynucléaire Basophile ; PNE : Polynucléaire Eosinophile ; LYM : Lymphocyte ; MONO :*
 252 *Monocyte.*

253

254 **Tableau II: Paramètres érythrocytaires et plaquettaire**

Paramètres érythrocytaires et plaquettaire	Différents lots de caillies					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
GR (10^6 /μl)	$2,55 \pm 0,23^b$	$2,58 \pm 0,18^b$	$2,61 \pm 0,22^b$	$3,33 \pm 0,37^a$	$3,63 \pm 0,33^a$	< 0,01
HGB (g/dL)	$8,27 \pm 0,30^c$	$8,57 \pm 0,11^c$	$9,00 \pm 0,17^c$	$9,90 \pm 0,52^b$	$10,67 \pm 0,46^a$	< 0,001
Hte (%)	$31,77 \pm 1,27^d$	$32,67 \pm 1,21^{cd}$	$34,21 \pm 0,33^c$	$36,30 \pm 0,26^b$	$39,00 \pm 0,78^a$	< 0,001
VGM (fL)	$130,27 \pm 1,72^c$	$130,33 \pm 1,10^c$	$134,37 \pm 1,55^b$	$137,10 \pm 0,95^a$	$137,83 \pm 0,49^a$	< 0,001
TCMH (pg)	$35,80 \pm 0,36^a$	$35,85 \pm 3,27^a$	$36,67 \pm 2,63^a$	$37,17 \pm 0,66^a$	$37,80 \pm 0,56^a$	0,676
CCMH (g/dL)	$26,03 \pm 0,36^a$	$26,24 \pm 0,80^a$	$26,30 \pm 0,56^a$	$27,28 \pm 1,57^a$	$27,35 \pm 0,98^a$	0,318
PLT (10^3 /μl)	$13,33 \pm 0,58^c$	$13,67 \pm 0,58^c$	$15,20 \pm 0,35^{bc}$	$16,00 \pm 1,73^b$	$17,83 \pm 0,29^a$	< 0,001

Ces valeurs sont les moyennes $\pm$ erreur standard sur les moyennes. Les valeurs moyennes avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$) selon le test de Bonferonni. GR : Globule rouge ; HGB : Hémoglobine ; Hte : Hématocrite ; VGM : Volume globulaire moyen ; TCMH : Teneur corpusculaire moyenne en hématocrite ; CCMH : Concentration corpusculaire moyenne en hématocrite ; PLT : Plaquette sanguine ; fL : Femtolitre ; pg : picogramme.

Effets de la farine d'asticots de mouches soldats noires sur les paramètres biochimique des cailles japonaises en croissance.

Paramètres rénaux et glucidiques

Le **Tableau III** présente les concentrations des paramètres rénaux et glucidiques des cailles en croissance (6 semaines d'âge). Les résultats de l'analyse de ces paramètres montrent que les concentrations en urée et en créatinine n'ont pas varié significativement ($p > 0,05$) quel que soit le type de ration reçu. Par contre la concentration en glucide des sujets du lot R100 ($2,32 \pm 0,29\text{g /L}$) a été significativement ($p < 0,01$) plus élevées que celles des lots RT ($1,80 \pm 0,04\text{g /L}$), R25 ($1,82 \pm 0,05\text{g /L}$), R50 ($1,83 \pm 0,01\text{g /L}$) et R75 ($1,94 \pm 0,04\text{g /L}$). En outre, l'acide urique des sujets du lot R100 ($52,16 \pm 2,54\text{mg /L}$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevées que ceux des lots RT ($36,58 \pm 0,69\text{mg /L}$), R25 ($36,62 \pm 0,44\text{mg /L}$), R50 ($36,77 \pm 0,62\text{mg /L}$) et R75 ($48,73 \pm 0,27\text{mg/L}$). Cependant, l'acide urique des sujets du lot R75 ($48,73 \pm 0,27\text{mg/L}$) a été significativement ($p < 0,001$) différent de ceux des lots RT ($36,58 \pm 0,69\text{mg/L}$), R25 ($36,62 \pm 0,44\text{mg /L}$), R50 ($36,77 \pm 0,62\text{mg /L}$).

Paramètres hépatiques

Les paramètres hépatiques (Aspartate aminotransférase et Alanine aminotransférase) sont consignés dans le **Tableau IV**. L'analyse statistique de ces paramètres montre que le taux d'Alanine aminotransférase n'a pas varié significativement ($p > 0,05$) quel que soit le type de ration reçu. Au niveau du taux d'Aspartate aminotransférase, les valeurs des lots RT ($214,32 \pm 2,29\text{UI/L}$), R25 ($213,43 \pm 1,69\text{UI/L}$) ont été significativement ($p < 0,001$) plus élevées que celles des lots R50 ($202,10 \pm 1,83\text{UI/L}$), R75 ($170,10 \pm 1,76\text{UI/L}$) et R100 ($170,03 \pm 0,41\text{UI/L}$). Toutefois, le taux d'Aspartate aminotransférase des sujets du lot R50 ($202,10 \pm 1,83\text{UI/L}$) est significativement ($p < 0,001$) différent de ceux des lots R75 ($170,10 \pm 1,76\text{UI/L}$) et R100 ($170,03 \pm 0,41\text{ UI/L}$).

287 Paramètres nutritionnels

288 Les concentrations des paramètres nutritionnels (protéine totale et albumine) des cailles en
 289 croissance (6 semaines d'âge) sont consignées dans le **Tableau V**. Les résultats de l'analyse
 290 de ces paramètres montrent que les concentrations en protéine totale des lots R100 ($38,37 \pm$
 291 $1,12\text{g/L}$), R75 ($38,30 \pm 0,55\text{g/L}$) et R50 ($38,17 \pm 0,38\text{g/L}$) sont significativement ($p <$
 292 $0,001$) plus élevées que celles des lots RT ($34,14 \pm 1,21\text{g/L}$) et R25 ($34,14 \pm 1,21\text{g/L}$).
 293 Cependant, quel que soit le type d'aliment, la concentration sérique en albumine n'a
 294 enregistré aucune variation significative au seuil de 5% par rapport à la ration témoin.

295 **Tableau III : Paramètres rénaux et glucidiques**

Paramètres rénaux et glucidiques	Différents lots de cailles					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
URE(g/L)	$0,05 \pm 0,04^a$	$0,06 \pm 0,03^a$	$0,03 \pm 0,02^a$	$0,03 \pm 0,01^a$	$0,03 \pm 0,02^a$	0,617
CRE (mg/L)	$5,04 \pm 0,37^a$	$4,39 \pm 0,51^a$	$4,50 \pm 0,79^a$	$3,96 \pm 0,59^a$	$3,79 \pm 0,21^a$	0,108
AU (mg/L)	$36,58 \pm 0,69^c$	$36,62 \pm 0,44^c$	$36,77 \pm 0,62^c$	$48,73 \pm 0,27^b$	$52,16 \pm 2,54^a$	$< 0,001$

296
 297 *Ces valeurs sont les moyennes $\pm$ l'erreur standard sur les moyennes. Les valeurs moyennes*
 298 *avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$)*
 299 *selon le test de Bonferroni. GLU : Glucide ; URE : Urée ; CRE : Créatinine ; AU : Acide*
 300 *urique.*

302 **Tableau IV : Paramètres hépatites**

Paramètres hépatites	Différents lots de cailles					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
ASAT (UI/L)	$214,32 \pm 2,29^a$	$213,43 \pm 1,69^a$	$202,10 \pm 1,83^b$	$170,10 \pm 1,76^c$	$170,03 \pm 0,41^c$	$< 0,001$
ALAT (UI/L)	$143,27 \pm 0,63^a$	$143,37 \pm 1,46^a$	$143,40 \pm 0,40^a$	$143,39 \pm 0,47^a$	$143,40 \pm 0,10^a$	0,999

304 *Ces valeurs sont les moyennes $\pm$ l'erreur standard sur les moyennes. Les valeurs moyennes*
 305 *avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$)*
 306 *selon le test de Bonferroni. ASAT : Aspartate amino transférase ; ALAT : Alamine*
 307 *aminotransférase.*

308

309

310

311 **Tableau V : Paramètres nutritionnels**

Paramètres nutritionnels	Différents lots de cailles					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
PT (g/L)	33,61 ± 0,81 ^b	34,14 ± 1,21 ^b	38,17 ± 0,38 ^a	38,30 ± 0,55 ^a	38,37 ± 1,12 ^a	< 0,001
ALB (g/L)	42,86 ± 0,28 ^a	42,83 ± 2,33 ^a	43,30 ± 0,48 ^a	44,55 ± 1,83 ^a	44,84 ± 1,76 ^a	0,400

312

313 *Ces valeurs sont les moyennes ± l'erreur standard sur les moyennes. Les valeurs moyennes*
 314 *avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes (p < 0,05)*
 315 *selon le test de Bonferroni. PT : Protéine totale ; ALB : Albumine*

316 **Paramètres lipidiques**

317 Les résultats de l'analyse des paramètres lipidiques sanguins des cailles de l'expérimentation
 318 sont indiqués dans le **Tableau VI**. Ces résultats montrent que la concentration en cholestérol
 319 total, en LDL-cholestérol et en triglycérides des lots expérimentaux (lots R25, R50, R75 et
 320 R100) n'ont pas varié significativement (p > 0,05) par rapport au lot témoin (RT). Par contre,
 321 la concentration en HDL-cholestérol des lots RT (0,55 ± 0,02 g/L) et R25 (0,55 ± 0,06g/L)
 322 ont été significativement (p < 0,01) plus élevées que celle des lots R50 (0,46 ± 0,01g/L), R25
 323 (0,46 ± 0,01g/L) et R25 (0,44 ± 0,03g/L).

324 **Paramètres ioniques**

325 Le **Tableau VII** présente les résultats de l'analyse des paramètres ioniques (Calcium,
 326 Magnésium, sodium, potassium et chlore). Il ressort de ces résultats que les concentrations en
 327 sodium et en chlore n'ont pas varié de façon significative (p > 0,05) quel que soit le type
 328 d'aliment. Les concentrations en calcium et en potassium des lots R100 (respectivement,
 329 124,18 ± 0,36mg/L et 6,68 ± 0,28mmol/L), R75 (124,09 ± 0,26mg/L et 6,66 ± 0,43mmol/L),
 330 R50 (124,10 ± 0,34mg/L et 6,17 ± 0,73mmol/L) et R25 (123,47 ± 1,38mg/L et 6,00 ±
 331 0,30mmol/L) ont été significativement (p < 0,001 et p < 0,01) plus élevées que les
 332 concentrations en calcium et en potassium du lot témoin RT (respectivement, 114,24 ±
 333 1,30mg/L et 4,81 ± 0,26mmol/L). Par contre, la concentration en magnésium des lots RT
 334 (85,37 ± 0,13mg/L) et R25 (85,31 ± 0,34mg/L) a été significativement (p < 0,001) plus

335 élevées que celle des lots R50 ($82,61 \pm 0,68\text{mg/L}$), R75 ($78,10 \pm 0,31 \text{ mg/L}$) et R100 ($78,07 \pm$
336 $0,49\text{mg/L}$). Cependant, la concentration en magnésium du lot R50 ($82,61 \pm 0,68\text{mg/L}$) est
337 significativement ($p < 0,001$) différente de celle des lots R75 ($78,10 \pm 0,31 \text{ mg/L}$) et R100
338 ($78,07 \pm 0,49\text{mg/L}$).

339 **Tableau VI :Paramètres lipidiques**

Paramètres lipidiques	Différents lots de cailles					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
CHOL(g/L)	$1,39 \pm 0,11^a$	$1,35 \pm 0,47^a$	$1,24 \pm 0,20^a$	$1,22 \pm 0,20^a$	$1,21 \pm 0,04^a$	0,841
HDL-C(g/L)	$0,55 \pm 0,02^a$	$0,55 \pm 0,06^a$	$0,46 \pm 0,01^b$	$0,46 \pm 0,01^b$	$0,44 \pm 0,03^b$	$< 0,01$
TRIG(g/L)	$1,01 \pm 0,07^a$	$1,03 \pm 0,06^a$	$1,02 \pm 0,09^a$	$1,04 \pm 0,10^a$	$1,00 \pm 0,17^a$	0,992
LDL-C(g/L)	$0,64 \pm 0,10^a$	$0,58 \pm 0,40^a$	$0,57 \pm 0,22^a$	$0,55 \pm 0,04^a$	$0,57 \pm 0,02^a$	0,99

341 *Ces valeurs sont la moyenne et l'écart-type des mesures. Les valeurs moyennes avec des*
342 *lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$) selon le test*
343 *de Bonferroni. CHOL : Cholestérol ; HDL- C : High Density Lipoprotein Cholesterol ;TRIG :*
344 *Triglycéride ;LDL- C : Low Density LipoproteinCholesterol*

346 **Tableau VII :Paramètres ioniques**

Paramètres ioniques	Différents lots de cailles					P
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	
Mg (mg/L)	$85,37 \pm 0,13^a$	$85,31 \pm 0,34^a$	$82,61 \pm 0,68^b$	$78,10 \pm 0,31^c$	$78,07 \pm 0,49^c$	$< 0,001$
Ca (mg/L)	$114,24 \pm 1,30^b$	$123,47 \pm 1,38^a$	$124,10 \pm 0,34^a$	$124,09 \pm 0,26^a$	$124,18 \pm 0,36^a$	$< 0,001$
Na (mmol/L)	$143,80 \pm 0,36^a$	$143,48 \pm 0,55^a$	$145,31 \pm 1,43^a$	$146,19 \pm 1,73^a$	$154,17 \pm 1,93^a$	0,820
K (mmol/L)	$4,81 \pm 0,26^b$	$6,00 \pm 0,30^a$	$6,17 \pm 0,73^a$	$6,66 \pm 0,43^a$	$6,68 \pm 0,28^a$	$< 0,01$
Cl(mmol/L)	$108,98 \pm 0,89^a$	$108,52 \pm 0,57^a$	$108,44 \pm 0,26^a$	$108,36 \pm 0,11^a$	$108,17 \pm 0,20^a$	0,407

348 *Ces valeurs sont la moyenne et l'écart-type des mesures. Les valeurs moyennes avec des*
349 *lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$) selon le test*
350 *de Bonferroni. Mg : Magnesium ; Ca : Calcium ; Na : Sodium ; K : Potassium ; Cl : Chlore.*

DISCUSSION

Dans la présente étude, le nombre de leucocytes a varié d'un lot à un autre. En effet, le taux de globule blanc a été significativement plus élevé chez les cailles ayant reçu les rations alimentaires dans lesquelles la farine de poisson a été substituée à plus de 75 % à la farine d'asticots. Toutefois, le nombre moyen de leucocytes obtenu dans la présente étude est très supérieure aux normes établies chez les oiseaux en générale et les galliformes en particulier. Plusieurs études ont montré que chez les galliformes le nombre moyen de leucocytes se situe entre $9.10^3/\text{mm}^3$ et $32.10^3/\text{mm}^3$ (Wakenell, 2010). Selon Ritchie *et al.* (1994) et Dje, (2023), les oiseaux disposent normalement d'un grand nombre de lymphocytes circulant dans le sang. Ceux-ci peuvent développer une leucopénie et une lymphopénie comme réponse initiale vis-à-vis d'un stress (Msaid, 2017). Par conséquent, le nombre élevé de leucocyte obtenu dans cette étude indiquerait que la farine d'asticots de mouches soldats noires améliore le système immunitaire des cailles japonaises, réduisant ainsi, les risques de mortalité associé à l'alimentation.

Les globules rouges et les constantes érythrocytaires (hémoglobine, hématocrite, VGM et TCMH) assurent principalement la fonction de transport de l'oxygène et des nutriments dans l'organisme (Benchikh, 2022). Au cours de cette expérience, la numération érythrocytaire des cailles âgées de six semaines a montré une différence significative des taux de globule rouge, des volumes globulaires moyens et des concentrations d'hémoglobine selon les types d'aliment reçu. En effet, les cailles ayant reçu les rations alimentaires dans lesquelles la farine de poisson a été remplacée à plus de 75% par la farine d'asticots ont des taux de globule rouge, des volumes globulaires moyens et des concentrations d'hémoglobine significativement plus élevés. Les valeurs obtenues sont conformes aux normes établies chez les oiseaux. En générale, ces valeurs se situent entre $9,0. 10^6/\mu\text{l}$ et $32. 10^6/\mu\text{l}$, 90 fL et 140 fL, 7 g/dL et 18,6 g/dL, respectivement pour le taux de globule rouge, le volume globulaire moyen et la concentration d'hémoglobine (Wakenell, 2010). Aucune différence significative n'a été observée au niveau de la teneur corpusculaire en hémoglobine (TCMH) et la concentration corpusculaire en hémoglobine (CCMH). Cependant, les valeurs obtenues restent dans les normes définies chez les galliformes par Wakenell (2010). Ces résultats indiquent que l'incorporation de la farine d'asticots de mouches soldats noires dans l'alimentation des cailles ne provoque pas d'anémie hémolytique ni de polyglobulie. En outre, l'augmentation significative des globules rouges, du volume globulaire moyen et de la

concentration en hémoglobine avec des taux de substitution supérieurs à 75 %, confirment une meilleure capacité de transport de l'oxygène et des nutriments.

Les plaquettes ou thrombocytes ont pour rôle principal d'assurer la fonction hémostatique. Dans cette étude, le nombre de plaquettes sanguines a été significativement différent d'un lot de cailles à un autre, selon le type d'aliment reçu. En effet, le nombre de plaquettes sanguines a été significativement plus élevé chez les cailles ayant reçu la ration alimentaire dans laquelle la farine de poisson a été substituée à 100% par la farine d'asticots de mouches. Toutefois les valeurs obtenues se situent dans les normes hématologiques générales des oiseaux établies par **Bulliot (2009)**. Ces résultats indiquent que la farine d'asticots n'a pas induit de thrombocytopénie chez les cailles japonaises.

L'étude des paramètres biochimiques permet d'évaluer l'état fonctionnel de l'organisme (**Jenkins, 2008**). En effet, l'excès ou le déficit de production d'une substance synthétisée par un organe est révélateur d'un dysfonctionnement de celui-ci. Dans la présente étude, les valeurs de créatinine, d'urée et d'albumine sanguines des cailles nourries avec des rations alimentaires à taux d'incorporation variable de farine d'asticots de mouches soldats noires, n'ont pas subi de variations significatives par rapport aux animaux du lot témoin. Par contre, des concentrations en protéines totales et en acide urique ont varié significativement d'un lot à un autre, selon les rations reçues. Les concentrations sériques des protéines totales ont été significativement plus élevées lorsque la farine de poisson est substituée à plus de 50% à la farine d'asticots de mouches. Quant à la concentration en acide urique, la valeur la plus élevée a été observée avec la ration alimentaire dont la source de protéine animale est composée à 100% de farine d'asticots (ration R100). Toutes les valeurs obtenues se situent dans l'intervalle des normes recommandées chez les oiseaux en général, définies par **Campbell (2004)** et **Hochleithner (2014)**. Ces résultats montrent que l'incorporation de la farine d'asticots dans l'alimentation des cailles japonaises n'a pas altéré la fonction rénale de celles-ci.

Les transaminases ASAT et ALAT sont des enzymes produites principalement par le foie et utilisées comme de bons indicateurs de la cytolysé hépatique. Elles sont des biomarqueurs prédictifs d'éventuelle toxicité (**Merghem et al., 2013**). Au cours de cette étude, les concentrations sériques d'ALAT des cailles nourries avec les rations contenant la farine d'asticots n'ont connu aucune variation significative par rapport au lot témoin. En revanche, les concentrations sériques d'ASAT ont significativement variées selon le type de ration reçu.

La concentration la plus élevée a été obtenue chez les cailles témoins. Cependant, les valeurs obtenues restent dans les normes définies chez les galliformes par **Campbell (2004)** et **Hochleithner (2014)**. Cela indiquerait qu'il n'y a eu aucune lésion cellulaire éventuelle dans les reins, le foie, les muscles et le cœur des cailles et surtout, le bon fonctionnement du foie des cailles au cours de cette expérience. En outre, selon **Harr (2002)**, une augmentation significative de l'activité de l'ASAT chez les oiseaux serait indicatrice de maladie hépatocellulaire. Tenant compte de cette affirmation, il ressort que les cailles étudiées dans la présente étude étaient exemptes de toutes atteintes hépatocellulaires.

Concernant les paramètres lipidiques sanguins des cailles, les résultats de l'analyse statistique ont montré que la concentration en cholestérol total, en LDL-cholestérol et en triglycérides des lots expérimentaux (lots R25, R50, R75 et R100) n'ont connu aucune variation significative par rapport au lot témoin (RT). Par contre, la concentration en HDL-cholestérol des cailles étudiées a varié significativement selon les types de rations reçus. Les valeurs les plus élevées ont été observées chez les lots témoin et R25. En effet, les concentrations lipidiques des cailles nourries avec des rations contenant la farine d'asticots ont été inférieures à celles des lots témoins. Ainsi, l'incorporation de la farine d'asticots de mouches soldats noires dans l'aliment des cailles, aurait eu des effets hypocholestérolémique et cardioprotecteur au cours de cette étude. Ces résultats sont similaires à ceux de **Sharifi et al. (2011)**, qui ont observé que l'administration de quantités variables de symbiotiques aux cailles fait diminuer leurs triglycérides sanguins.

Les minéraux ont une implication partielle dans les processus biochimiques (**Barreto et al., 2007**). Ils interviennent également dans l'absorption et le transport des nutriments dans l'organisme. L'étude des paramètres ioniques a montré que la concentration du sodium et du chlore n'a pas connu de variation significative d'un lot à un autre. Cela suggère que la farine d'asticots n'a pas eu d'influence sur ces deux paramètres. Contrairement à la calcémie et la kaliémie, qui ont varié significativement par rapport au lot témoin. En effet, les valeurs les plus élevées ont été obtenues chez les cailles nourries avec les rations contenant la farine d'asticots de mouches soldats noires. De même, la magnésémie a connu une variation significative selon les types d'aliment expérimentaux. La concentration la plus élevée a été obtenue chez les cailles témoins. Cependant, pour tous ces paramètres, les valeurs obtenues se situent dans l'intervalle des normes recommandées par **Bulliot (2009)** et **Thrall et al. (2012)**, sauf la magnésémie qui a été supérieure à la norme générale chez les oiseaux. Selon **Carlson & Bruss (2008)**, la magnésémie peut être anormalement élevée (hypermagnésémie) en cas de

fatigue musculaire. L'hypermagnésémie observée, supérieure aux normes générales, semble davantage liée au mode d'élevage en cage, induisant une fatigue musculaire, qu'à l'aliment lui-même.

Conclusion

Ce chapitre vise à évaluer l'effet suscité par l'incorporation de farine d'asticots de mouches soldats noires séchés dans des rations alimentaires de la caille japonaise, sur les paramètres hématologiques et biochimiques. Il ressort au terme de cette étude, que la substitution progressive de la farine de poisson par la farine d'asticots de mouches soldats noires dans l'alimentation des cailles japonaises n'a révélé aucun signe de toxicité. Les paramètres hématologiques, biochimiques, hépatiques, lipidiques et minéraux sont restés dans les normes physiologiques, avec des améliorations notables du système immunitaire, de la capacité de transport de l'oxygène et d'une meilleure utilisation des protéines. Ces résultats démontrent que la farine d'asticots constitue une alternative protéique sûre, efficace et durable, présentant des bénéfices physiologiques et zootechniques, tout en contribuant à la sécurité sanitaire des élevages de cailles japonaises

Cependant, des recherches complémentaires pourraient intégrer une analyse coût-bénéfice et une évaluation de la durabilité des pratiques alimentaires.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AKA a mené l'étude. Il a participé à la collecte des données, à l'analyse statistique et l'interprétation des résultats, ainsi qu'à la rédaction du manuscrit. AKHet NKS ont participé à la rédaction du manuscrit. SD a supervisé les travaux.

Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barreto R, Paiva M & Silva J (2007). Rôle des minéraux dans le métabolisme biochimique des volailles. *Journal of Animal Nutrition*, 15(2), 123-134.

Benchikh M (2022). Paramètres érythrocytaires et transport de l'oxygène chez les oiseaux. *Revue de Biologie Aviaire*, 18(1), 33-41.

Bouafou KGM, Kouame KG, Offoumou AM & Kouame PL (2011). Effets de la substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots sur les paramètres biochimiques et histologiques chez le rat. *Journal of Applied Biosciences*, 39, 2656–2664. 9p

Boukertouta S(2014). Évaluation des paramètres du stress oxydant chez les diabétiques insulinodépendants. 68 p.

Bulliot J (2009). Normes hématologiques générales des oiseaux. *Hématologie Aviaire*, 4(1), 15-22.

Burel C, Boujard T, Escaffre AM, Kaushik SJ, Boeuf G & Molinari P (2016). Nutritional value of *Hermetia illucens* larvae meal as a protein source in animal feed. *Aquaculture Research*, 47(2), 495–505. 11p.

Campbell T (2004). Clinical chemistry of birds. *Veterinary Clinical Pathology*, 33(2), 97-105.

- 492 **Carlson GP & Bruss M (2008).** Fluid, electrolytes, and acid-base balance. *H. B. Kaneko*
493 (Ed.), *Clinical biochemistry of domestic animals* (6^e éd., pp. 529-559).
- 494 **Coulibaly S(2024).** Développement d'une nouvelle alternative aux antibiotiques utilisés dans
495 l'élevage de volaille à base de prébiotique et probiotique : cas du poulet de chair élevé
496 dans le Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) (Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua).
497 252 p.
- 498 **Dje BTY(2023).** Effets de la granulométrie de l'aliment sur des paramètres zootechniques,
499 sanguins et la digestibilité apparente de la caille japonaise (*Coturnix japonica*) en élevage
500 en Côte d'Ivoire (Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua). 283p.
- 501 **Douagui GA (2012).** Risques de pollution de la nappe du Quaternaire de la zone sud du
502 District d'Abidjan : cas du secteur Canal de Vridi-Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). Thèse
503 de Doctorat, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui
504 Abrogoua, Abidjan Côte d'Ivoire, 156 p.
- 505 **FiBL (2012).** La farine de poisson : enjeux économiques et environnementaux. Institut de
506 recherche de l'agriculture biologique, Suisse. 42p
- 507 **Greenpeace (2025).** La farine de poisson et la surexploitation des ressources marines.
508 Rapport environnemental. 56p
- 509 **Guilloton A & Prod'homme R (2025).** Paramètres hématologiques et biochimiques comme
510 indicateurs de santé chez les volailles. *Revue d'Aviculture et de Pathologie Aviaire*,
511 12(3), 45–58. 14p
- 512 **Harr K (2002).** Clinical pathology of birds. *Avian Medicine Journal*, 16(3), 145-152.
- 513 **Hochleithner M (2014).** Biochemical reference values in avian medicine. *Avian Pathology*,
514 43(2), 85-92.
- 515 **Jenkins J (2008).** Evaluation of biochemical parameters in birds. *Veterinary Biochemistry*,
516 22(4), 233-240.

- 517 **Langford K, Luchtman-Jones L, Miller R & Walck D(2003).** Performance evaluation of
518 the Sysmex XT-2000i automated hematology analyzer. *Laboratory Hematology*, 9(1),
519 29-37.
- 520 **Merghem R, Belguet A & Ali H (2013).** Transaminases hépatiques comme biomarqueurs de
521 toxicité. *Revue de Biochimie Animale*, 15(1), 55-66.
- 522 **Msaid A (2017).** Stress et lymphopénie chez les oiseaux. *Avian Stress Physiology Journal*,
523 4(2), 77-85.
- 524 **Prod'homme R (2020).** Indicateurs hématologiques et biochimiques dans l'évaluation des
525 régimes alimentaires alternatifs chez les oiseaux. Thèse de doctorat, Université de
526 Nantes. 210p
- 527 **Ritchie B, Harrison G & Harrison L (1994).** Avian hematology and immunology. *Avian*
528 *Medicine (pp. 85-102). Lake Worth: Wingers Publishing.*
- 529 **Sharifi S, Dina Bushuty M & Ali H (2011).** Symbiotiques et paramètres lipidiques chez les
530 cailles. *Avian Nutrition Journal*, 5(3), 177-185.
- 531 **Siby A (2008).** Méthode cinétique de dosage de la créatinine. *Revue Sénégalaise de*
532 *Biochimie*, 10(1), 33-41.
- 533 **Sissoko A, Koné M & Traoré Y (2024).** Valeur nutritionnelle de la farine d'asticots de
534 *Hermetia illucens* et son utilisation en aviculture. *Revue Africaine de Nutrition Animale*,
535 18(2), 77–89. 13p.
- 536 **Teinkala A, Coulibaly S & Siby A (2006).** Méthodes enzymatiques de dosage de l'urée chez
537 les volailles. *Bulletin de Biochimie Animale*, 14(2), 77-85.
- 538 **Telquel (2025).** La farine de poisson : un marché sous tension. *Article de presse, Maroc*. 3p.
- 539 **Tietz NW (1995).** Clinical guide to laboratory tests (3rd ed.). W.B. Saunders.
- 540 **Thrall M, Weiser G & Allison R (2012).** Veterinary hematology and clinical chemistry
541 (2nd ed.). Ames: Wiley-Blackwell.

- 542 **Vassault A, Grafmeyer D, De Graeve J, Cohen R, Beaudonnet A & Bienvenu J (1999).**
543 Quality specifications and allowable limits for validation of methods used in clinical
544 biochemistry. *Annales de biologie clinique* (Vol. 57, No. 6, pp. 685-95).
- 545 **Wakenell PS (2010).** Normal avian hematology: chicken and turkey. *Schalm's veterinary*
546 *hematology*, 958-967.
- 547 **Young DS (1997).** Effects of drugs on clinical laboratory tests (4th ed.).

UNDER PEER REVIEW IN IJAR