



RESEARCH ARTICLE

EFFET DE LA FARINE D'ASTICOTS DE MOUCHES SOLDATS NOIRES SUR LES PARAMETRES HEMATOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE LA CAILLE JAPONAISE (COTURNIX JAPONICA)

Assamoi Koua Audrey^{1,2}, Allouka Kpindjé Hermann^{1,2}, N'zue Kouassi Samuel^{1,2} and Soro Dofara^{1,2}

1. UFR Sciences de la Nature, Université NANGUI ABROGOUA.

2. Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, pôle de Recherche Production Animale.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 14 May 2026

Final Accepted: 16 June 2026

Published: July 2026

Key words:-

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

Abstract

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: $9.90 \pm 0.52 \text{ g/dL}$ and R100: $10.67 \pm 0.46 \text{ g/dL}$), 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.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

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

Corresponding Author:-Assamoi Koua Audrey

Address:-1. UFR Sciences de la Nature, Université NANGUI ABROGOUA. 2. Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, pôle de Recherche Production Animale.

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.

Matériel et méthodes d'étude:-

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 1), 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 1 : 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. À 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). À 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 siphonides.

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.

Matériel de laboratoire:-

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

Méthodes:-**Dispositif expérimental et conduite de l'essai:-**

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

Prélèvement et transport des échantillons de sang:-

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

Numération formule sanguine (NFS):-

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

Le principe du Sysmex est basé sur la technique de la variation de l'impédance et sur le 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 globules 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 version 8.4.3. 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.

Résultats:-

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 significatives ($p < 0,001$) 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 cailles 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, les volumes globulaires moyens (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 ($p < 0,001$) d'un lot à un autre. Le nombre de plaquettes sanguines (PLT) du lot R100 ($17,83 \pm 0,29.10^3/\mu\text{l}$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevé que ceux des lots TR ($13,33 \pm 0,58.10^3/\mu\text{l}$), R25 ($13,67 \pm 0,58.10^3/\mu\text{l}$), R50 ($15,20 \pm 0,35.10^3/\mu\text{l}$) et R75 ($16,00 \pm 1,73.10^3/\mu\text{l}$).

Tableau I : Paramètres leucocytaires

Paramètres leucocytaires	Différents lots de cailles					
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	P
GB ($10^3/\mu\text{l}$)	$77,76 \pm 1,10^c$	$77,99 \pm 0,72^c$	$80,23 \pm 1,84^c$	$83,11 \pm 2,08^b$	$87,92 \pm 1,57^a$	$< 0,001$
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

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 Bonferroni. GB : Globule blanc ; PNH : Polynucléaire Hétérophile ; PNB : Polynucléaire Basophile ; PNE : Polynucléaire Eosinophile ; LYM : Lymphocyte ; MONO : Monocyte.

Tableau II: Paramètres érythrocytaires et plaquettaire

Paramètres érythrocytaires et plaquettaire	Différents lots de cailles					
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	P
GR ($10^6/\mu\text{l}$)	$2,55 \pm 0,23^b$	$2,58 \pm 0,18^b$	$2,61 \pm 0,22^b$	$3,33 \pm 0,37^a$	$3,63 \pm 0,33^a$	$< 0,01$
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 ($10^3/\mu\text{l}$)	$13,33 \pm 0,58^c$	$13,67 \pm 0,58^c$	$15,20 \pm 0,35^{bc}$	$16,00 \pm 1,73^b$	$17,83 \pm 0,29^a$	$< 0,001$

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 élevée 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, la concentration en acide urique des sujets du lot R100 ($52,16 \pm 2,54\text{mg/L}$) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevée que celles 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 ($170,03 \pm 0,41\text{UI/L}$).

Paramètres nutritionnels:-

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

Tableau III : Paramètres rénaux et glucidiques

Paramètres rénaux et glucidiques	Différents lots de cailles					
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	P
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

Ces valeurs sont les moyennes $\pm$ l'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 Bonferroni. GLU : Glucide ; URE : Urée ; CRE : Créatinine ; AU : Acide urique.

Tableau IV : Paramètres hépatites

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

Ces valeurs sont les moyennes ± l'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 Bonferroni. ASAT : Aspartate amino transférase ; ALAT : Alamine aminotransférase.

Tableau V : Paramètres nutritionnels

Paramètres nutritionnels	Différents lots de cailles					
	Lot RT	Lot R25	Lot R50	Lot R75	Lot R100	P
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

Ces valeurs sont les moyennes ± l'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 Bonferroni. PT : Protéine totale ; ALB : Albumine

Paramètres lipidiques:-

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

Paramètres ioniques:-

Le Tableau VII présente les résultats de l'analyse des paramètres ioniques (Calcium, Magnésium, sodium, potassium et chlore). Il ressort de ces résultats que les concentrations en sodium et en chlore n'ont pas varié de façon significative ($p > 0,05$) quel que soit le type d'aliment. Les concentrations en calcium et en potassium des lots R100 (respectivement, $124,18 \pm 0,36$ mg/L et $6,68 \pm 0,28$ mmol/L), R75 ($124,09 \pm 0,26$ mg/L et $6,66 \pm 0,43$ mmol/L), R50 ($124,10 \pm 0,34$ mg/L et $6,17 \pm 0,73$ mmol/L) et R25 ($123,47 \pm 1,38$ mg/L et $6,00 \pm 0,30$ mmol/L) ont été significativement ($p < 0,001$ et $p < 0,01$) plus élevées que les concentrations en calcium et en potassium du lot témoin RT (respectivement, $114,24 \pm 1,30$ mg/L et $4,81 \pm 0,26$ mmol/L). Par contre, la concentration en magnésium des lots RT ($85,37 \pm 0,13$ mg/L) et R25 ($85,31 \pm 0,34$ mg/L) a été significativement ($p < 0,001$) plus élevée que celle des lots R50 ($82,61 \pm 0,68$ mg/L), R75 ($78,10 \pm 0,31$ mg/L) et R100 ($78,07 \pm 0,49$ mg/L). Cependant, la concentration en magnésium du lot R50 ($82,61 \pm 0,68$ mg/L) est significativement ($p < 0,001$) différente de celle des lots R75 ($78,10 \pm 0,31$ mg/L) et R100 ($78,07 \pm 0,49$ mg/L).

Tableau VI :Paramètres lipidiques

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

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

Tableau VII : Paramètres ioniques

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

Ces valeurs sont la moyenne et l'écart-type des mesures. Les valeurs moyennes avec des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$) selon le test 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 $9,0 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ et $32 \cdot 10^6/\mu\text{l}$, 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 reçues. 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:-

Cette étude vise à évaluer l'effet suscité par l'incorporation de farine d'asticots de mouches soldats noires séchées dans des rations alimentaires de la caille japonaise, sur les paramètres hématologiques et biochimiques. Il ressort au terme de l'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'intérêts:-

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.

Références bibliographiques:-

1. Barreto R, Paiva M & Silva J (2007). Rôle des minéraux dans le métabolisme biochimique des volailles. *Journal of Animal Nutrition*, 15(2), 123-134.
2. Benchikh M (2022). Paramètres érythrocytaires et transport de l'oxygène chez les oiseaux. *Revue de Biologie Aviaire*, 18(1), 33-41.
3. 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
4. Boukertouta S (2014). Évaluation des paramètres du stress oxydant chez les diabétiques insulino-dépendants. 68 p.
5. Bulliot J (2009). Normes hématologiques générales des oiseaux. *Hématologie Aviaire*, 4(1), 15-22.
6. 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.
7. Campbell T (2004). Clinical chemistry of birds. *Veterinary Clinical Pathology*, 33(2), 97-105.
8. Carlson GP & Bruss M (2008). Fluid, electrolytes, and acid-base balance. H. B. Kaneko (Ed.), *Clinical biochemistry of domestic animals* (6^e éd., pp. 529-559).
9. Coulibaly S (2024). Développement d'une nouvelle alternative aux antibiotiques utilisés dans l'élevage de volaille à base de prébiotique et probiotique : cas du poulet de chair élevé dans le Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) (Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua). 252 p.
10. Dje BTY (2023). Effets de la granulométrie de l'aliment sur des paramètres zootechniques, sanguins et la digestibilité apparente de la caille japonaise (*Coturnix japonica*) en élevage en Côte d'Ivoire (Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua). 283p.

11. Douagui GA (2012). Risques de pollution de la nappe du Quaternaire de la zone sud du District d'Abidjan : cas du secteur Canal de Vridi-Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan Côte d'Ivoire, 156 p.
12. FiBL (2012). La farine de poisson : enjeux économiques et environnementaux. Institut de recherche de l'agriculture biologique, Suisse. 42p
13. Greenpeace (2025). La farine de poisson et la surexploitation des ressources marines. Rapport environnemental. 56p
14. Guilloton A & Prod'homme R (2025). Paramètres hématologiques et biochimiques comme indicateurs de santé chez les volailles. *Revue d'Aviculture et de Pathologie Aviaire*, 12(3), 45–58. 14p
15. Harr K (2002). Clinical pathology of birds. *Avian Medicine Journal*, 16(3), 145-152.
16. Hochleithner M (2014). Biochemical reference values in avian medicine. *Avian Pathology*, 43(2), 85-92.
17. Jenkins J (2008). Evaluation of biochemical parameters in birds. *Veterinary Biochemistry*, 22(4), 233-240.
18. Langford K, Luchtman-Jones L, Miller R & Walck D(2003). Performance evaluation of the Sysmex XT-2000i automated hematology analyzer. *Laboratory Hematology*, 9(1), 29-37.
19. Merghem R, Belguet A & Ali H (2013). Transaminases hépatiques comme biomarqueurs de toxicité. *Revue de Biochimie Animale*, 15(1), 55-66.
20. Msaid A (2017). Stress et lymphopénie chez les oiseaux. *Avian Stress Physiology Journal*, 4(2), 77-85.
21. Prod'homme R (2020). Indicateurs hématologiques et biochimiques dans l'évaluation des régimes alimentaires alternatifs chez les oiseaux. Thèse de doctorat, Université de Nantes. 210p
22. Ritchie B, Harrison G & Harrison L (1994). Avian hematology and immunology. *Avian Medicine* (pp. 85-102). Lake Worth: Wingers Publishing.
23. Sharifi S, Dina Bushuty M & Ali H (2011). Symbiotiques et paramètres lipidiques chez les cailles. *Avian Nutrition Journal*, 5(3), 177-185.
24. Siby A (2008). Méthode cinétique de dosage de la créatinine. *Revue Sénégalaise de Biochimie*, 10(1), 33-41.
25. Sissoko A, Koné M & Traoré Y (2024). Valeur nutritionnelle de la farine d'asticots de *Hermetia illucens* et son utilisation en aviculture. *Revue Africaine de Nutrition Animale*, 18(2), 77–89. 13p.
26. Teinkala A, Coulibaly S & Siby A (2006). Méthodes enzymatiques de dosage de l'urée chez les volailles. *Bulletin de Biochimie Animale*, 14(2), 77-85.
27. Telquel (2025). La farine de poisson : un marché sous tension. Article de presse, Maroc. 3p.
28. Tietz NW (1995). *Clinical guide to laboratory tests* (3rd ed.). W.B. Saunders.
29. Thrall M, Weiser G & Allison R (2012). *Veterinary hematology and clinical chemistry* (2nd ed.). Ames: Wiley-Blackwell.
30. Vassault A, Grafmeyer D, De Graeve J, Cohen R, Beaudonnet A & Bienvenu J (1999). Quality specifications and allowable limits for validation of methods used in clinical biochemistry. *Annales de biologie clinique* (Vol. 57, No. 6, pp. 685-95).
31. Wakenell PS (2010). Normal avian hematology: chicken and turkey. *Schalm's veterinary hematology*, 958-967.
32. Young DS (1997). *Effects of drugs on clinical laboratory tests* (4th ed.).