



## Substitution de l'aliment MIDEMA par celui à base des larves de Mouche (*Calliphora vomitoria* et *Musca domestica* L. 1758) dans la production des cailles (*Coturnix coturnix japonica*) à Kinshasa (RD Congo)

Mabiala Dinzenza M.<sup>1</sup>, Nyongombe Utshudienyema N.F.<sup>1</sup>, Mutambel'Hity Schie'Nkung' D.<sup>1</sup>, Luamba Lua Nsembo J.<sup>1</sup>, Kamb Tshijik J.C.<sup>1</sup>, Pwema Kiamfu V.<sup>2</sup>, Diango Kilembe E.<sup>1</sup>, Umba di M'balu J.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Université Pédagogique Nationale (UPN), B.P. 8815/Kinshasa-Ngaliema, RDC

<sup>2</sup> Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P. 190 Kinshasa XI, RDC

<sup>3</sup> Université Loyola du Congo (ULC), Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 7 avenue Père Boka, B.P. 3724/Kinshasa-Gombe, RDC

### Abstract:

This study evaluated the effectiveness of two animal protein sources on the growth of domestic quail during the finishing phase. To this end, different incorporation rates of maggot meal (20%, 25%, 27.5%, and 30%) were tested to determine the yield in their diet.

The results were compared to a control diet, the commercial Midema feed. A mixture of three substrates (pig slurry, chicken manure, and cow blood) was used to produce fly larvae. Fly identification revealed that two species colonized the substrates: *Musca domestica* (family Muscidae) and *Calliphora vomitoria* (family Calliphoridae).

A sample of 240 *Coturnix coturnix japonica* chicks, all of mixed sexes and at least three days old, was divided into five treatments. Fifteen cages, each containing sixteen quail, received Midema meal and maggot meal for forty days. The quail were fed each type of feed except T0, which received the Midema control feed, as follows: T1 (feed with 20% Midema meal), T2 (feed with 25% Midema meal), T3 (feed with 27.5% Midema meal), and T4 (feed with 30% Midema meal).

The live weight results obtained were as follows: T0 138.3g ± 19.0g; T1 115.2g ± 10.7g; T2 118.3g ± 9.4g; T3 145.9g ± 0.0g; T4 160.0a ± 0.8 g; These results proved that, starting at 27.5% of the feed average (FA), the larva-based feed can compete with the commercial Midema feed. The larvae of two fly families (Muscidae and Calliphoridae) were analyzed to compare their macronutrients with those of the commercial Midema feed. The protein content of the larvae obtained was 41.1% for Muscidae, 48.4% for Calliphoridae, and 16% for the conventional feed. Regarding lipids, their content was 10.5% for Muscidae larvae, 8.5% for Calliphoridae larvae, and 17.5% for the conventional feed. Regarding carbohydrates, the larvae of these two families showed levels of 27.7% for Muscidae larvae and 37.7% for Calliphoridae larvae, respectively. The Midema commercial feed had a higher content of 77.05%. The ash content of these larvae varied between 23.1% for Muscidae and 19.8% for Calliphoridae, while the Midema commercial feed contained only 6.77%.

The major innovation of this thesis lies in the development of experimental diets adapted to the specific needs of quail, based on a novel nutritional optimization.

**Keywords:** Quail, Feed, Larvae, Calliphoridae, Muscidae, Production, Substitution.

## Résumé

Cette étude a évalué l'efficacité de deux sources de protéines animales sur la croissance des cailles domestiques en phase de finition. Pour cela, différents taux d'incorporation de farine d'asticot (20 %, 25 %, 27,5 % et 30 %) ont été testés afin de déterminer le rendement dans leur alimentation.

Les résultats ont été comparés à un aliment témoin, l'aliment commercial Midema. Le mélange de trois substrats (lisier de porc, fiente de poule et le sang de vache) ont permis de produire les larves de mouches. L'identification des mouches montrent qu'il y a deux espèces qui ont colonisé les substrats, il s'agit de *Musca domestica* de la famille de *Muscidae* et de *Calliphora vomitoria* de la famille de *Calliphoridae*.

Un échantillon de 240 cailleaux de *Coturnix coturnix japonica*, tous de deux sexes confondus, âgés au moins de trois jours a été reparti en cinq traitements de quinze cages issues de seize cailles, ont reçu la farine de Midema, et la farine d'asticots pendant quarante jours. Les cailles étaient alimentées avec chaque type d'aliment sauf T0 avec l'aliment témoins Midema, et cela de la manière suivante T1 (aliment avec la F.A 20 %), T2 (aliment avec la F.A 25 %), T3 (aliment avec la F.A 27,5 %), et T4 (aliment avec la F.A 30 %).

Les résultats de poids vif obtenus se présentent comme suit : T0 138,3<sup>b</sup>±19,0 g ; T1 115,2<sup>c</sup>±10,7 g ; T2 118,3<sup>c</sup>±9,4 g ; T3 145,9<sup>b</sup>±0,0 g ; T4 160,0<sup>a</sup>±0,8 g ; Ces résultats ont prouvé qu'à partir de 27,5 % de la F.A l'aliment à base des larves peuvent concurrencer l'aliment commercial Midema. Les larves de deux familles de mouche (*Muscidae* et *Calliphoridae*) ont été analysées, en vue de comparer leurs macronutriments à ceux de l'aliment commercial Midema. La teneur en **protéines** des larves obtenues a été de 41,1 % pour les *Muscidae* 48,4 %, pour les *Calliphoridae* et 16 % pour l'aliment classique. Concernant les **lipides**, leurs teneurs étaient de 10,5 % pour les larves de *Muscidae* et 8,5 % pour celles de *Calliphoridae* et 17,5 % pour l'aliment classique. S'agissant des **glucides**, les larves de ces deux familles ont présentées des taux respectivement de 27,7 % pour les larves de *Muscidae* et 37,7 % pour les larves de *Calliphoridae*. L'aliment commercial Midema à une teneur plus élevée soit 77,05 %. La teneur de ces larves en **rendre** a varié entre 23,1% pour les *Muscidae*.et 19,8 % pour les *Calliphoridae* ; tandis que l'aliment commercial Midema n'a relevé que 6,77 %.

L'innovation majeure de cette thèse réside dans l'élaboration de régimes alimentaires expérimentaux adaptés aux besoins spécifiques des cailles, fondés sur une optimisation nutritionnelle inédite.

**Mots clés :** Cailles, Aliments, Larves, *Calliphoridae*, *Muscidae*, Production, Substitution.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.19451437>

---

## 1 Introduction

Dans le monde, l'aviculture s'est principalement intéressée à la production d'œufs de poule et de poulets de chair. Mais depuis un certain temps, l'élevage de la caille ou coturniculture a attiré l'attention des spécialistes comme nouvelle piste de diversification de l'élevage de volailles, en offrant aux consommateurs de nouveaux choix de goût et en renforçant la production de viande pour faire face à la demande de plus en plus accrue en protéines animales (Ukashatu *et al.*, 2014).



**Photo 1.** Les cailles  
Source : Expérimentation sur terrain



**Photo 2.** Les œufs des cailles  
Source : Expérimentation sur terrain

L'alimentation présente près de 60 % du coût total des élevages avicoles comme pour tout autre type d'élevage. Depuis longtemps, et en raison de leur richesse en énergie et en protéines, les régimes maïs-soja ont été considérés comme les aliments de base pour les volailles quel que soit le type de production (œuf, viande) (Shamna *et al.*, 2013).

Les protéagineux (essentiellement le soja) sont les constituants les plus chers et les plus importants comme source de protéines dont la quantité et la qualité sont des facteurs limitant des performances pour les oiseaux. Pour ces raisons, les nutritionnistes ont toujours tenté d'établir des formules alimentaires équilibrées en énergie et en protéines aux prix les moins chers en utilisant des matières premières disponibles sur les marchés locaux Kelemu *et al.*, (2015).

Actuellement, on a aucune formule alimentaire commerciale pour les cailles en industrie de l'alimentation du bétail en RD Congo, où les coturniculteurs utilisent généralement des aliments destinés aux poules. Plusieurs auteurs montrent qu'au regard de sa croissance rapide, les besoins protéiques de la caille sont significativement plus élevés que ceux de cette dernière (Djitie *et al.*, 2015).

Le soja, qui est la principale source de protéines d'origine végétale, a vu sa production mondiale passer de 30 millions de tonnes en 1960 à plus de 350 millions de tonnes au cours de la campagne de production 2016-2017. Ce qui engendre des impacts négatifs sur les différentes composantes de l'écosystème terrestre via l'emploi massif d'intrants agricoles (Devic *et al.* 2018).

Dans le cadre de la quête de sources d'alimentation durable sur le plan écologique, des recherches mettent en évidence le potentiel des insectes comme alternative dans l'alimentation animale (Van, 2003 ; Tchibozo *et al.*, 2005 ; Kelemu *et al.*, 2015). Leur intérêt réside dans leur profil nutritionnel, jugé comparable à celui des sources classiques de protéines, d'origine végétale ou animale (Anand *et al.*, 2008 ; Xiaoming *et al.*, 2010 ; De Marco *et al.*, 2015).

De manière générale, la teneur en protéines brutes des insectes oscille entre 13 % et 77 % de leur poids sec, cette variation dépendant de l'espèce, du stade de développement ainsi que du type de substrat utilisé pour leur élevage (Amisi *et al.*, 2013 ; Caparros *et al.*, 2017). Par ailleurs, leur composition en lipides présente également un intérêt notable, ouvrant des perspectives prometteuses pour leur utilisation en tant que complément alimentaire dans la nutrition animale (Makkar *et al.*, 2014 ; Devic *et al.*, 2018).

En Afrique, de nombreuses recherches ont mis en évidence la faisabilité d'intégrer les insectes dans l'alimentation des animaux d'élevage tels que la volaille, les poissons et les porcs (Mushambanyi et Balezi, 2002 ; Kelemu *et al.*, 2015 ; Pomalégni *et al.*, 2017). Dans ce contexte, il devient impératif de trouver des sources protéiques moins onéreuses et facilement accessibles. Les asticots de mouches, connus pour leur capacité à biodégrader la matière organique, apparaissent comme une alternative prometteuse. Ils représentent une source de protéines que les éleveurs peuvent produire localement à partir de substrats non compétitifs avec l'alimentation humaine Kelemu *et al.*, (2015).

L'utilisation des asticots dans l'alimentation des poissons, des volailles ou encore du porc constituerait une bonne source de protéines, de minéraux, de lipides et de glucides. Aussi, en vue d'améliorer la situation avicole, plusieurs interventions ont été menées ou sont en cours pour mieux comprendre et mieux gérer les contraintes. Il s'agit notamment des actions de recherche-développement sur l'alimentation afin de réduire les coûts de production et de permettre une plus grande rentabilité de l'élevage Pomalégni *et al.*, 2017).

Pour beaucoup de spécialistes, l'une des solutions résiderait dans l'incorporation d'une ressource animale locale riche en protéines dans la ration alimentaire des volailles. De cette façon, on réduirait non seulement le déficit en protéines mais aussi la dépendance de ces céréales.

Dans ce contexte, cette étude vise à tester différentes formules alimentaires isoazotées et isoénergétiques destinées à la caille japonaise et basées sur des protéagineuses produites localement (asticots), en substitution partielle au tourteau de soja et du poisson issu entièrement de l'importation et dont le prix d'achat est fortement influencé par les fluctuations des marchés internationaux.

L'effet de ces formules sur les paramètres biochimiques et zootechniques de la caille japonaise sera évalué en vue de limiter les importations de tourteau de soja en le remplaçant en partie par ces protéagineuses plus disponibles et de loin moins chères, tout en respectant les besoins alimentaires de cette espèce.

Ainsi, pour baisser le coût de production et améliorer la compétitivité de l'aviculture traditionnelle, il urge de trouver des alternatives locales à moindres coûts pour pallier les coûts élevés des farines de poisson et du tourteau de soja.

Trois questions de recherche ont été formulées à savoir : Quelles sont les familles des mouches locales pouvant produire les asticots ? Quel est l'apport nutritionnel de la matière fraîche et de la matière sèche des asticots ? L'aliment fabriqué à base de la farine d'asticot favoriserait-elle la croissance des cailleaux ? L'objectif général de cette étude est de « déterminer l'impact de la farine d'asticots dans l'alimentation des cailles par une formulation alimentaire innovante par rapport à la céréale classiquement utilisée ».

Pour atteindre l'objectif général de cette thèse, les objectifs spécifiques visés sont les suivants :

- Analyser l'apport nutritionnel de la farine des asticots ;
- Elever et nourrir les cailles avec des formulations alimentaires supplémentées de la farine des asticots et l'aliment commercial Midema pour une meilleure production ;
- Afin d'évaluer les paramètres zootechniques d'élevage des cailles.

## 2 Matériels et Méthodes

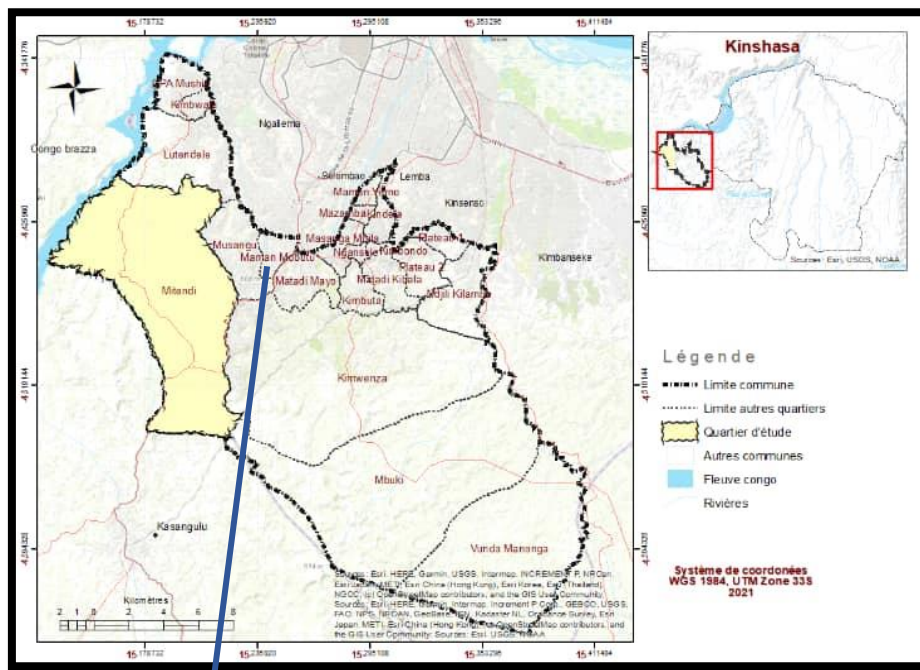
### 2.1 Milieu d'étude

L'expérimentation a été menée dans la commune de Mont-Ngafula, plus précisément dans dans le quartier Maman Mobutu, dans la ville de Kinshasa en RD Congo.

La commune de Mont-Ngafula est située au Sud-ouest de la ville de Kinshasa : 4°25'35'' Sud et 15°17'44'' Est, au nord par les communes de Makala, Sembao et Kisenso ; au Sud par le territoire de Kasangulu dans la province du Kongo Central ; à l'Est par les communes de N'djili, Kimbanseke et N'sele et à l'Ouest par la commune de Ngaliema (**Figure 1**). Elle a une superficie de 358,9 km<sup>2</sup> (Masiala, 2021).

D'après la carte ci-dessous (figure 3), le quartier Maman Mobutu est limité :

- Au Nord par la commune de Ngaliema ;
- A l'Ouest par les quartiers Lutendele et Musangu ;
- A l'Est par le quartier Matadi Mayo et
- Au Sud par les quartiers Musangu et Matadi Mayo.



**Figure 1.** Localisation du quartier Maman Mobutu sur la carte administrative de la commune de Mont-Ngafula  
Source : Masiala (2021)

### 2.2 Matériels

Les matériels utilisés dans cette étude sont 240 cailleaux d'au moins trois jours de sexes confondus et dont le poids moyen est de 14,3gr.

D'autres matériels sont intervenus pour bien mener cette expérimentation dont :

- Lisier de porc ;
- Fiente de poules ;
- Sang de vache ;
- Balance ;
- Moustiquaire à maille de 1,5 mm
- Passoire
- Hygromètre
- GPS
- Moulinex Preethi Chefpro 750

## 2.3 Méthodes

### 2.3.1 Spécificité des mouches utilisées pour la production des asticots

Les asticots utilisés pour la fabrication de la farine proviennent des mouches de *Musca domestica* L. et de *Calliphora vomitoria* L.



**Figure 2.** *Musca domestica* L.  
Source : Robertson *et al.* (2016)



**Figure 3.** *Calliphora vomitoria* L.  
Source : Robertson *et al.* (2016)

#### a) *Musca domestica* L.

Cette espèce de mouche (figure 2) est probablement l'insecte le plus répandu dans le monde (cosmopolite). L'accouplement a lieu 3 jours après l'émergence, et la ponte commence 4 à 12 jours plus tard. La femelle pond ses œufs dans un substrat humide afin d'éviter leur dessèchement. Elle peut pondre 75 à 150 œufs à chaque phase, et elle effectue ce processus cinq à six fois à quelques jours d'intervalle, pour un total pouvant atteindre 600 à 900 œufs (Glatbrug, 2014). La mouche domestique, *Musca domestica* a suscité l'intérêt du monde scientifique et celui des acteurs spécialisés dans l'alimentation des animaux (Zuidhof *et al.*, 2003 ; Aniebo *et al.*, 2008).

#### b) *Calliphora vomitoria* L.

Ces insectes volent en groupe afin de repérer plus efficacement les sources de nourriture. Lorsque l'une d'entre elles détecte de la nourriture, comme des fruits pourris, elle en informe les autres en dispersant une phéromone. Attirée par la viande et le poisson, frais ou non, elle peut entrer dans les maisons pour y déposer ses œufs. Elle se réchauffe au soleil sur les murs (Chinery, 2012).

La femelle de *Calliphora vomitoria* (figure 3) pond ses œufs là où elle se nourrit, généralement dans de la viande en décomposition, des ordures ou des matières fécales. La femelle dépose ses œufs, de préférence, à l'abri de la lumière et ils sont entre 150 à 200 œufs (Sankara, 2017). Les larves blanchâtres qui en éclosent, communément appelées asticots, se nourrissent immédiatement des matières en décomposition où elles se trouvent. Après quelques jours d'alimentation, elle va vers un endroit sec et creuse le sol pour se nymphoser dans un cocon brun. Le choix fait sur ces deux mouches est justifié par le fait que ces deux mouches ont une teneur élevée en protéines et en cendres (Mabiala *et al.*, 2025).

### 2.3.2 Préparation de la farine d'asticots

Les asticots extraits ont été d'abord congelés vivants pendant 24 heures. Ensuite ils sont séchés au four à 70°C pendant 3 jours au maximum. Après séchage, les asticots ont été moulus afin de les rendre en farine à l'aide du moulinex.

### 2.3.3 Formulation des régimes alimentaires

Quatre régimes alimentaires ont été élaborés en tenant compte des besoins nutritionnels des cailleaux en phase de croissance :

- Un aliment commercial Midema (T0)
- Une ration enrichie à 20% de farine d'asticots (T1) ;
- Une ration contenant 25% de farine d'asticots (T2) ;
- Une ration avec 27,5% de farine d'asticots (T3) et
- Une ration formulée avec 30% de farine d'asticots (T4).

**Tableau 1.** Ingrédients utilisés pour la formulation de différentes rations

Ingrédients	Qté (g)	EM Kcal/Kg	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Poudre calcaire	100	0	0	37	0
Huile de palme	100	8500	0	0	0
Son de blé	100	2512	16	0,14	1,17
Phos. Bical	100	0	0	38	18
Soja	100	3850	37	0,25	0,57
Maïs	100	3416	9	0,03	0,27
Farine d'asticot	100	3180	50	5,4	2,5

**Légende :** Ca : calcium en pourcentage ; EM : énergie métabolisable exprimée en kcal/kg d'aliment ; P : phosphore en pourcentage ; PB : protéine brute en pourcentage ; Qté : quantité d'aliment en gramme(g).

**Tableau 2.** Formulation alimentaire contenant 20% de farine d'asticots (T1)

Ingrédients	Qté (g)	EM Kcal/Kg	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Poudre calcaire	1	0	0	0,37	0
Huile de palme	2	85	0	0	0
Son de blé	25	753,6	4,8	0,042	0,351
Soja	22	1078	10,36	0,07	0,16
Tourteau Palmiste	10	270	1,8	0,028	0,022
Maïs	20	683,2	1,8	0,006	0,054
Farine Asticot	20	318	5	0,54	0,25
Total	100	3187,8	23,76	1,056	0,837
Besoin		3200	24	1,3	0,7

**Légende:** Ca : calcium en pourcentage ; EM : énergie métabolisable exprimée en kcal/kg d'aliment ; P : phosphore en pourcentage ; PB : protéine brute en pourcentage ; Qté : quantité d'aliment en kilogramme (kg).

**Tableau 3.** Formulation alimentaire pour cailleaux avec 25% de farine d'asticots (T2)

Ingrédients	Qté (g)	EM Kcal/Kg	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Poudre calcaire	1	0	0	0,37	0
Huile de palme	2	85	0	0	0
Son de blé	20	753,6	4,8	0,042	0,351
Soja	22	1078	10,36	0,07	0,16
Tourteau Palmiste	10	270	1,8	0,028	0,022
Maïs	20	683,2	1,8	0,006	0,054
Farine Asticot	25	318	5	0,54	0,25
Total	100	3187,8	23,76	1,056	0,837
Besoin		3200	24	1,3	0,7

**Légende:** Ca : calcium en pourcentage ; EM : énergie métabolisable exprimée en kcal/kg d'aliment ; P : phosphore en pourcentage ; PB : protéine brute en pourcentage ; Qté : quantité d'aliment en kilogramme (kg).

**Tableau 4.** Formulation alimentaire pour cailleteaux avec 27,5% de farine d'asticots (T3)

Ingrédients	Qté (g)	EM Kcal/Kg	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Poudre calcaire	1	0	0	0,37	0
Huile de palme	2	85	0	0	0
Son de blé	20	753,6	4,8	0,042	0,351
Soja	22	1078	10,36	0,07	0,16
Tourteau Palmiste	7,5	270	1,8	0,028	0,022
Mais	20	683,2	1,8	0,006	0,054
Farine Asticot	27,5	318	5	0,54	0,25
Total	100	3187,8	23,76	1,056	0,837
Besoin		3200	24	1,3	0,7

**Légende:** Ca : calcium en pourcentage ; EM : énergie métabolisable exprimée en kcal/kg d'aliment ; P : phosphore en pourcentage ; PB : protéine brute en pourcentage ; Qté : quantité d'aliment en kilogramme (kg).

**Tableau 5.** Formulation alimentaire pour cailleteaux avec 30% de farine d'asticots (T4)

Ingrédients	Qté (g)	EM Kcal/Kg	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Poudre calcaire	1	0	0	0,37	0
Huile de palme	2	170	0	0	0
Son de blé	15	753,6	4,8	0,042	0,351
Soja	20	847	8,14	0,055	0,125
Tourteau Palmiste	10	270	1,8	0,028	0,022
Mais	22	683,2	1,8	0,006	0,054
Farine Asticot	30	477	7,5	0,81	0,375
Total	100	3200,8	24,04	1,311	0,927
Besoin		3200	24	1,3	0,7

**Légende:** Ca : calcium en pourcentage ; EM : énergie métabolisable exprimée en kcal/kg d'aliment ; P : phosphore en pourcentage ; PB : protéine brute en pourcentage ; Qté : quantité d'aliment en kilogramme (kg).

#### 2.3.4 Conditions d'élevage et dispositif expérimental

Deux Cent quarante cailleteaux (240) de l'espèce *Coturnix coturnix japonica* en phase de croissance ont été élevés dans un dispositif de 3 m x 2,10 m divisé en 15 cages de forme cubique de 70cm x 70cm x 70 cm où on a placé un abreuvoir, une mangeoire et 16 cailleteaux suivant les traitements répétés trois fois (n=3). Chaque cailleteau était âgé de  $\pm$  trois jours, les deux sexes confondu, pesant  $\pm$  14,3 g. Les copeaux de bois ont été utilisés comme litière. Les ampoules de 75 Watts suspendue à 20 cm ont servi de source de chaleur (voir photo 3).



**Photo 3.** Dispositif expérimental

Source : Expérience sur terrain

### 2.3.5 Analyse en composante principale (ACP)

L'ACP est une méthode multifactorielle couramment employée pour traiter des données et faciliter une représentation simplifiée de l'information contenue dans un tableau comportant de nombreuses variables en réduisant celles-ci à un nombre plus restreint (Frontier *et al.*, 2007).

L'ACP a été réalisée pour établir une corrélation entre les analyses des macronutriments et les différents traitements. Toutes les données ont d'abord été normalisées selon la transformation  $\text{LOG}(X+1)$ , puis centrées et réduites.

### 2.3.6 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels Excel et SPSS. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) avec des seuils de significativité fixés à 0,01 et 0,05. Lorsque des différences significatives ont été détectées, les moyennes sont comparées à l'aide du test LSD au seuil de 0,05.

3 Résultats

3.1 Composition nutritionnelle de trois aliments distribués aux cailles

Tableau 6. Composition nutritionnelle de trois aliments distribués aux cailles

Variables (%)	Traitements			P-value
	Aliment commercial Midema	<i>Calliphoridae</i>	<i>Muscidae</i>	
Cendres	6,77±0,04 <sup>c</sup>	19,8±0,3 <sup>b</sup>	23,1±0,1 <sup>a</sup>	0,00
Glucides	77,05±0,2 <sup>a</sup>	31,7±0,25 <sup>b</sup>	27,7±0,03 <sup>c</sup>	0,00
Lipides	17,5±2,12 <sup>b</sup>	8,5±3,5 <sup>a</sup>	10,5±2,12 <sup>c</sup>	0,08
Protéines	16,0±0,12 <sup>c</sup>	48,4±0,01 <sup>b</sup>	41,1±1,3 <sup>a</sup>	0,00

Les aliments issus des asticots des mouches présentent des taux nettement plus élevés en cendres (23,1±0,1<sup>a</sup> et 19,8±0,3<sup>b</sup>) ainsi qu'en protéines 41,1±1,3<sup>a</sup> pour les *Muscidae* et 48,4±0,01<sup>b</sup> pour les *Calliphoridae* comparativement à l'aliment commercial Midema. En revanche, ce dernier se distingue par une concentration plus élevée en glucides. Concernant les lipides, aucune différence significative n'a été constatée avec les différents traitements (valeur de p = 0,08).

L'aliment commercial Midema présente la teneur la plus élevée en glucides (77,05±0,2<sup>a</sup>) alors que ceux à base d'asticots des mouches (*Calliphoridae* et *Muscidae*) affichent des proportions bien plus faibles, respectivement 31,7±0,25<sup>b</sup> et 27,7±0,03<sup>c</sup>. La différence de teneur en glucides entre les traitements est statistiquement significative (valeur de p = 0,00).

3.2 ACP des teneurs en macronutriments utilisés

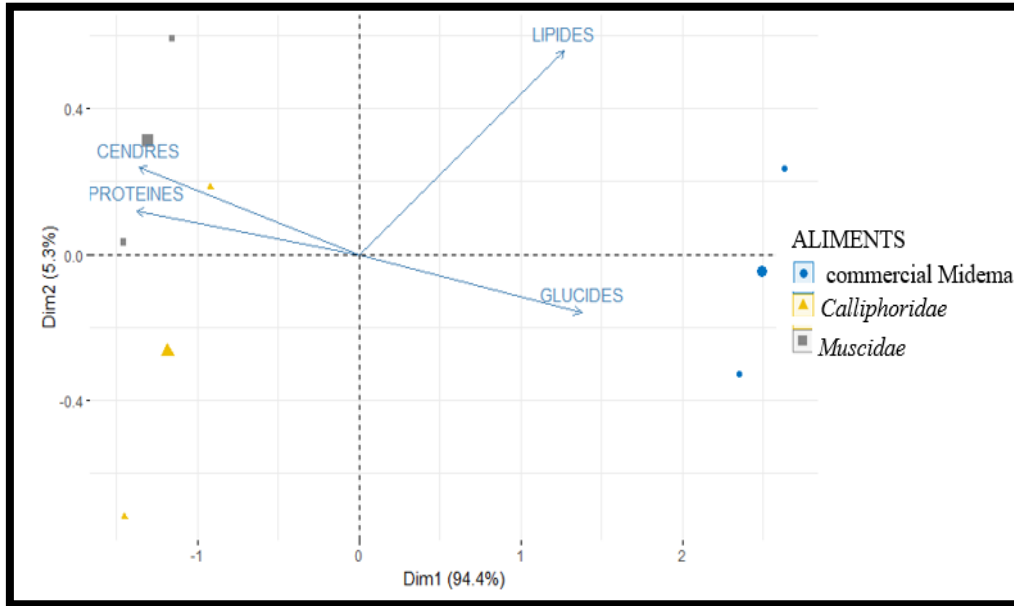
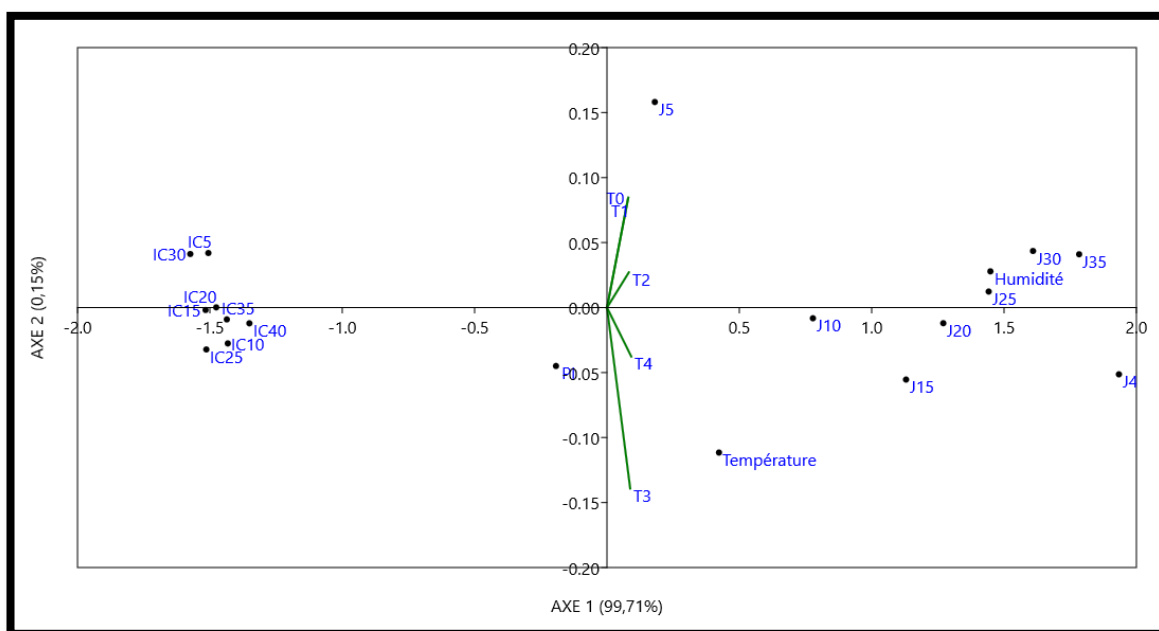


Figure 4. ACP des teneurs en macronutriments utilisés

Il s'observe une corrélation positive entre les lipides et les glucides dans l'aliment commercial Midema et d'autre part entre les cendres et les protéines dans l'aliment *calliphoridae* et *Muscidae*. Il présente une corrélation négative entre la teneur en protéines et les cendres d'une part à l'aliment classique et les teneurs en lipides et glucides d'autre part à l'aliment contenant les *Calliphoridae* et *Muscidae*.

### 3.3 ACP des données en macronutriments, environnementale et indices de consommation



**Figure 5.** ACP des données en macronutriments, environnementale et indices de consommation

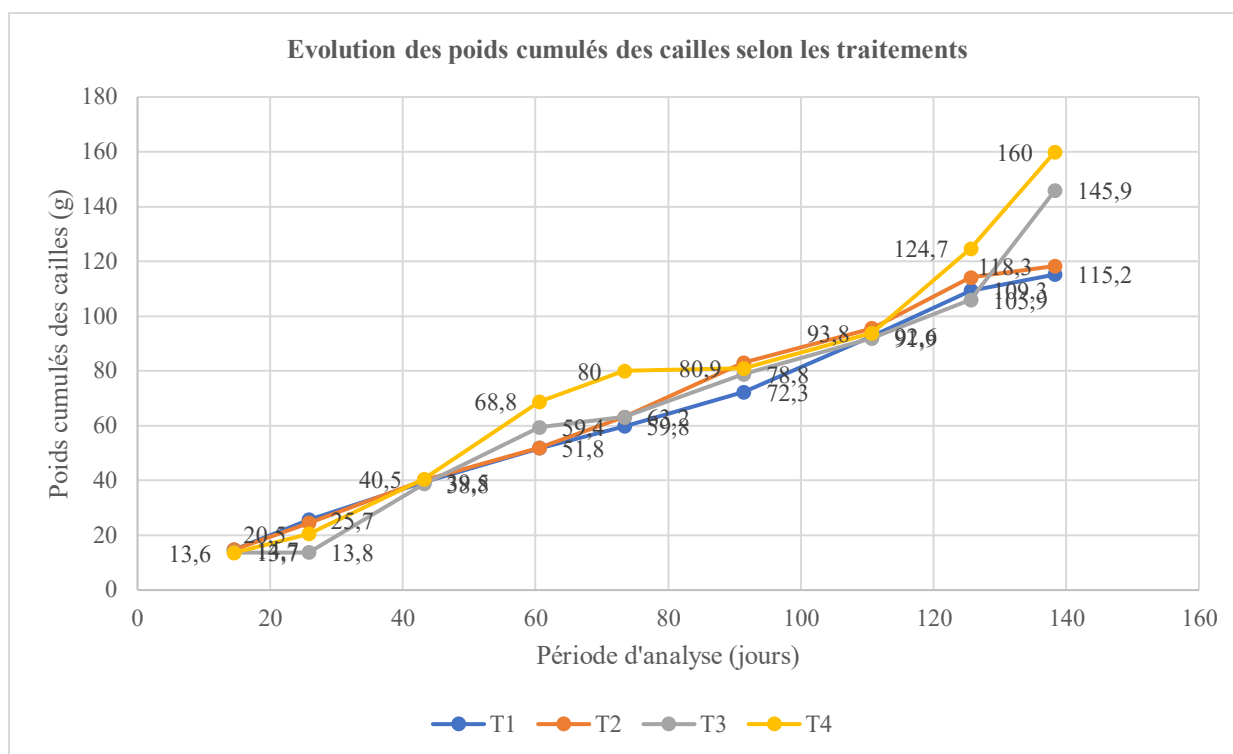
L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur l'ensemble des variables en macronutriments, environnementales et d'indice de consommation met en évidence une structuration très marquée des données. Le premier axe principal (PC1) présente une valeur propre de 1,94 et explique 99,72 % de la variance totale. Cette proportion exceptionnellement élevée indique que PC1 concentre quasiment toute l'information portée par les variables et constitue donc l'axe de lecture principal de cette analyse. Le deuxième axe (PC2) n'explique quant à lui que 0,16 % de la variance, ce qui confirme son faible pouvoir discriminant.

Les corrélations entre les variables et les axes montrent que PC1 oppose clairement les jours d'observation (J5 à J40) ainsi que l'humidité, fortement corrélés positivement à l'axe, aux indices de consommation (IC5 à IC40), fortement corrélés négativement. Cette configuration traduit l'existence d'un gradient temporel majeur dans l'évolution des caractéristiques en macronutriments, indiquant que celles-ci s'améliorent ou se modifient progressivement avec le temps. Toutefois, cette amélioration semble aller dans un sens opposé à celui de la consommation, suggérant que l'augmentation de certains attributs en macronutriments ne favorise pas nécessairement une hausse immédiate de l'indice de consommation.

La température présente également une corrélation positive modérée avec PC1, ce qui laisse supposer qu'elle contribue partiellement à ces variations, bien que de manière moins déterminante que le temps d'observation ou l'humidité. L'ensemble de ces résultats montre que le temps de maturation et l'humidité constituent les principaux facteurs expliquant la dynamique des caractéristiques en macronutriments.

### 3.4 Evolution des poids des cailles

Les figures (6 et 7) ci-dessous présentent respectivement l'évolution des poids cumulés des cailles selon les traitements et l'évolution des poids non cumulés des cailles selon les traitements.



**Figure 6.** Evolution des poids cumulés des cailles selon les traitements

A la réception, les poids initiaux des cailles sont relativement similaires entre les traitements, sans différences statistiquement significatives (P-value 0,08).

**a) Poids Jour 5 (g) :**

- T0 et T1 : les poids similaires et plus élevés que les autres traitements ;
- T3 a le poids le plus bas, suivi de T4 ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**b) Poids Jour 10 (g) :**

- T0 : le poids plus élevé, suivi de T1, T2, et T4 ;
- T3 a le poids le plus bas ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**c) Poids Jour 15 (g) :**

- T4 : le poids plus élevé, suivi de T0 et T3 ;
- T1 et T2 ont des poids plus bas ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**d) Poids Jour 20 (g) :**

- T4 : le poids plus élevé, suivi de T0 ;
- T1 a le poids le plus bas ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**e) Poids Jour 25 (g) :**

- T0 : le poids plus élevé, suivi de T2 et T4 ;
- T1 a le poids le plus bas ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**f) Poids Jour 30 (g) :**

- T0 : le poids plus élevé, suivi de T1, T2, et T4 ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

**g) Poids Jour 35 (g) :**

- T0 et T4 : les poids plus élevés ;
- T1 et T3 ont les poids les plus bas ;

- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).
- h) Poids Jour 40 (g) :**
- T4 : le poids plus élevé, suivi de T0 ;
- T1 et T2 ont les poids les plus bas ;
- La différence est statistiquement significative (P-value de 0,00).

La différence statistiquement significative observée, indique que les traitements ont un impact réel sur les poids des cailles.

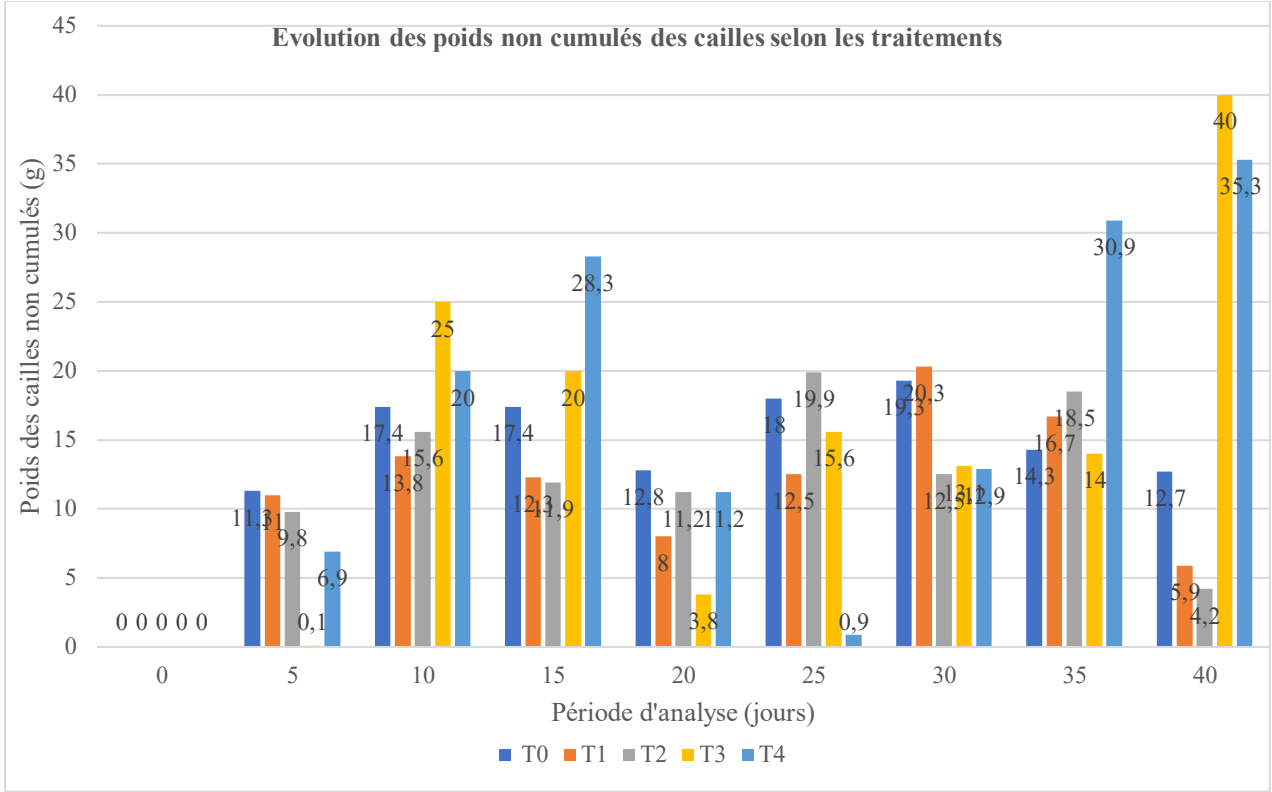


Figure 7. Evolution des poids non cumulés des cailles selon les traitements

### 3.5 Indice de consommation des cailles par traitements

Les données de l'indice de consommation par traitement sont consignées dans la figure ci-dessous.

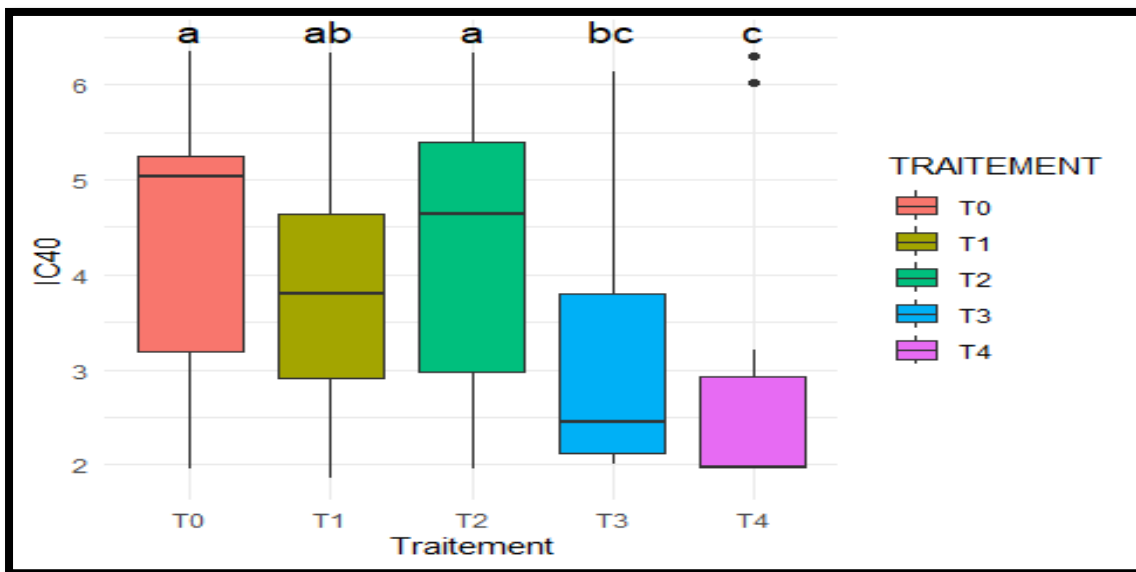


Figure 8. Indice de consommation des cailles par traitements

L'analyse de l'IC (test d) associé au poids moyen des cailleaux, révèle que les aliments T0 et T2 présentent les valeurs les plus élevées ( $4,43 \pm 1,28^a$  et  $4,3 \pm 1,32^a$ ). Ces valeurs indiquent une consommation plus importante des nourritures pour les cailles à 40 jours d'âge ; d'autre part les aliments T3 et T4 révèlent les indices de consommation les plus bas ( $3,07 \pm 1,37^{bc}$  et  $2,75 \pm 1,0^c$ ), suggérant une meilleure efficacité alimentaire.

Les différences entre les groupes sont statistiquement significatives ce ( $p$ -value = 0,000), ce qui signifie que le type d'aliment a un impact notable sur la consommation des cailles à cet âge (tableau 7).

**Tableau 7.** Evolution des indices de consommation des cailles en fonction de l'âge et de l'aliment

Variables	T0	T1	T2	T3	T4	P-value
IC5	$4,21 \pm 1,14^a$	$3,64 \pm 1,1^b$	$3,07 \pm 0,63^c$	$2,26 \pm 0,35^d$	$2,06 \pm 0,3^d$	0,000
IC10	$4,04 \pm 1,1^a$	$3,81 \pm 1,0^a$	$3,2 \pm 0,9^b$	$2,93 \pm 1,13^b$	$2,52 \pm 0,9^b$	0,000
IC15	$3,71 \pm 1,2^a$	$3,52 \pm 1,1^a$	$2,98 \pm 0,74^b$	$2,41 \pm 0,5^{bc}$	$2,18 \pm 0,4^c$	0,000
IC20	$3,92 \pm 1,24^a$	$3,66 \pm 1,2^{ab}$	$3,2 \pm 1,1^{bc}$	$2,54 \pm 0,7^c$	$2,32 \pm 1,0^c$	0,000
IC25	$3,76 \pm 1,4^a$	$3,18 \pm 1,4^{ab}$	$3,2 \pm 1,4^{ab}$	$2,69 \pm 1,0^{bc}$	$2,02 \pm 0,86^c$	0,000
IC30	$3,94 \pm 1,44^a$	$3,29 \pm 1,5^b$	$2,5 \pm 1,3^c$	$1,9 \pm 0,6^c$	$2,18 \pm 0,49^c$	0,000
IC35	$4,02 \pm 1,1^a$	$3,84 \pm 1,0^{ab}$	$3,36 \pm 0,9^{bc}$	$2,75 \pm 1,0^{cd}$	$2,49 \pm 1,1^d$	0,000
IC40	$4,43 \pm 1,28^a$	$3,89 \pm 1,2^{ab}$	$4,3 \pm 1,32^a$	$3,07 \pm 1,37^{bc}$	$2,75 \pm 1,0^c$	0,000

Ce tableau présente les indices de consommation (IC) des cailles à différents jours d'âge (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, et 40 jours) selon cinq types d'aliments (T0, T1, T2, T3 et T4). Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart-type, et les lettres (a, b, c, etc.) indiquent les différences statistiques entre les groupes pour chaque période d'âge, avec une  $p$ -value de 0,000, montrant que les différences observées sont statistiquement significatives.

### 3.6 Paramètres de carcasse des cailles

Le tableau 8 ci-dessous présente divers paramètres de carcasse de cailles mesurées.

**Tableau 8.** Poids de carcasse des cailles.

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum
Poids de la carcasse (g)	$94,3 \pm 12,0$	75	110
Poids de pattes (g)	$3,1 \pm 0,4$	2	4
Poids de plumes (g)	$26,6 \pm 2,7$	20,0	35,0
Poids de têtes (g)	$8,0 \pm 0,8$	6	9,3
Poids de viscères (g)	$29,1 \pm 3,3$	20	40
Rendement Abattage (%)	$73,4 \pm 9,2$	55,3	96,9

- **Poids de la carcasse (g) :** le poids moyen de la carcasse est de  $94,3 \pm 12,0$  g, avec une variation modérée. Les valeurs minimales et maximales montrent une certaine dispersion des poids.
- **Poids de pattes (g) :** le poids moyen des pattes est relativement constant avec une faible variation.
- **Poids de plumes (g) :** le poids moyen des plumes montre une variation modérée, avec des valeurs allant de 20 à 35 g.
- **Poids de tête (g) :** le poids moyen des têtes est assez constant avec une faible variation.
- **Poids de viscères (g) :** le poids moyen des viscères montre une variation notable, avec des valeurs allant de 20 à 40 g.
- **Rendement d'abattage (%) :** le rendement à l'abattage varie considérablement, avec une moyenne de  $73,4 \pm 9,2$  %.

Ces résultats montrent une certaine homogénéité des valeurs de certains paramètres (poids des pattes et des têtes), ou d'autres paramètres (poids de la carcasse, des plumes et des viscères). Le rendement à l'abattage, avec une large gamme de valeurs, suggère des différences significatives dans l'efficacité de conversion des aliments en poids de carcasse.

### 3.7 Effets des traitements sur les paramètres de carcasse des cailles

Le tableau 9 ci-dessous présente les effets de différents traitements (T0 à T4) sur divers paramètres de carcasse des cailles.

**Tableau 9.** Effets des traitements sur les paramètres de carcasse des cailles

Variables	Traitements					P-value
	T0	T1	T2	T3	T4	
Poids de la carcasse (g)	103,9 <sup>b</sup> ±5,1	77,2 <sup>d</sup> ±5,0	93,8 <sup>c</sup> ±4,2	101,7 <sup>b</sup> ±6,0	107,6 <sup>a</sup> ±0,8	0,00
Poids de pattes (g)	3,0 <sup>c</sup> ±0,2	2,8 <sup>d</sup> ±0,1	3,0 <sup>c</sup> ±0,4	3,3 <sup>b</sup> ±0,8	3,8 <sup>a</sup> ±0,0	0,06
Poids de plumes (g)	28,7 <sup>a</sup> ±0,8	23,9 <sup>c</sup> ±0,4	25,4 <sup>b</sup> ±2,2	29,8 <sup>a</sup> ±3,2	29,0 <sup>a</sup> ±2,1	0,00
Poids de têtes (g)	8,4 <sup>b</sup> ±0,4	7,1 <sup>d</sup> ±0,4	8,0 <sup>c</sup> ±0,6	8,2 <sup>bc</sup> ±1,0	9,2 <sup>a</sup> ±0,0	0,07
Poids de viscères (g)	31,4 <sup>ab</sup> ±1,5	25,5 <sup>d</sup> ±1,0	28,4 <sup>c</sup> ±1,4	30,3 <sup>b</sup> ±7,0	32,5 <sup>a</sup> ±0,0	0,00
Rendement Abattage (%)	77,1 <sup>a</sup> ±10,4	67,1 <sup>b</sup> ±5,2	77,9 <sup>a</sup> ±7,6	67,3 <sup>b</sup> ±1,0	67,2 <sup>b</sup> ±0,6	0,00

Les différences des valeurs ne sont pas statistiquement significatives entre le poids de pattes et le poids de têtes (p-value de 0,06 et 0,07). Ces résultats montrent que les différents traitements ont des effets significatifs sur la plupart des paramètres de carcasse des cailles. Le traitement T4 semble être le plus efficace pour augmenter le poids de la carcasse, des pattes, des plumes, des têtes et des viscères. Les rendements d'abattage sont les plus élevés pour les traitements T0 et T2. Les différences observées sont statistiquement significatives suggérant que les traitements ont un impact réel sur ces paramètres.

### 3.8 Taux de survie et de mortalité des cailles

Les taux de survie et de mortalité des cailles pour différents traitements (T0 à T4) à trois moments différents de l'expérimentation (Jour 5, Jour 30 et Jour 40) ont été analysés au tableau 10 ci-dessous.

**Tableau 10.** Taux de survie et de mortalité des cailles.

Traitements	Taux		Total
	Survie	Mortalité	
<b>Jour 5</b>			
T0	43 (89,5%)	5 (10,4%)	48
T1	42 (87,5%)	6 (12,5%)	48
T2	44 (91,6%)	4 (8,3%)	48
T3	48 (100%)	0 (0,0)	48
T4	48 (100%)	0 (0,0)	48
<b>Total</b>	225 (93,75%)	15 (6,25%)	240
<b>Jour 30</b>			
T0	41 (85,4%)	2 (4,7%)	43
T1	40 (83,3%)	2 (4,8%)	42
T2	41 (85,4%)	3 (6,9%)	44
T3	48 (100%)	0 (0,0%)	48
T4	47 (97,9%)	1 (2,0%)	48
<b>Total</b>	217 (96,4%)	10 (4,4%)	225
<b>Jour 40</b>			
T0	41 (85,4%)	1 (2,3%)	42
T1	40 (83,3%)	1 (2,4%)	41
T2	41 (85,4%)	0 (0,0%)	41
T3	48 (100%)	0 (0,0%)	48
T4	47 (97,9%)	1 (2,0%)	48
<b>Total</b>	217 (98,6%)	3 (1,3%)	220

On observe les taux de mortalité stable pour T0, T1, T2 et T4; tandis que T3 continue de montrer une survie complète. Ces résultats suggèrent que les traitements T3 et T4 sont les plus efficaces pour assurer la survie des cailles, avec un taux de survie respectivement de 100 % et 97,4%. Les traitements T0, T1 et T2 révèlent des taux de mortalité plus élevés, avec T1 et T2 présentant le taux de mortalité le plus élevé respectivement : au 5<sup>ème</sup> jour (12,5 % et 8,3 %) et au 30<sup>ème</sup> jour (4,8 % et 6,9 %).

#### 4 Discussion

L'incorporation partielle de farine d'asticots séchés en remplacement de l'aliment commercial Midema a permis d'évaluer sa valeur alimentaire et nutritionnelle à travers les performances zootechniques des cailles. Trois types d'aliments ont été comparés : les asticots provenant de la famille des *Muscidae*, ceux issus de la famille des *Calliphoridae*, produits respectivement à partir de fiente, puis d'un mélange de lisier et de sang de vache ainsi que l'aliment commercial.

La teneur nutritionnelle moyenne en protéines des asticots issus de la famille de *Muscidae* est de  $41,1 \pm 1,3^a$ , celle de la famille de *Calliphoridae* est de  $48,4 \pm 0,01^b$  et la plus faible teneur s'est présentée dans l'aliment commercial avec une moyenne de  $16,0 \pm 0,12^c$ .

Les asticots des familles *Muscidae* et *Calliphoridae* présentent des teneurs moyennes en **glucides** de  $27,7 \pm 0,03^c$  et  $31,7 \pm 0,25^b$  respectivement, nettement inférieures à celle de l'aliment commercial, qui atteint  $77,05 \pm 0,2^a$  (Mabiala *et al.*, 2025). La teneur moyenne en lipide varie de  $17,5 \pm 2,12^b$  pour l'aliment commercial, celle de *Muscidae* présente  $10,5 \pm 2,12^c$  et  $8,5 \pm 3,5^a$  pour le *Calliphoridae*.

La **teneur en cendres** des asticots varie de  $23,1 \pm 0,1^a$  pour ceux issus des *Muscidae* à  $19,5 \pm 0,3^b$  pour ceux des *Calliphoridae*, tandis qu'elle est nettement plus faible pour l'aliment commercial Midema, avec seulement  $6,7 \pm 0,04^c$ . Les concentrations en minéraux peuvent également fluctuer considérablement selon les substrats utilisés pour l'élevage des asticots, bien que le zinc (Zn) et le manganèse (Mn) semblent y prédominer, comme l'a rapporté Bouafou *et al.* (2007).

La **teneur en minéraux** de la farine d'asticots atteint 7,33 % de matière sèche (Bouafou *et al.*, 2007). Nzamujo (1999) rapporte une teneur légèrement supérieure, estimée à 9,10 %. Ces résultats indiquent que, malgré leur intérêt nutritionnel, les farines d'asticots restent une source relativement modeste en minéraux.

La farine d'asticots, issue des larves de mouches, contient généralement entre 20 et 30 % de lipides, bien que cette teneur puisse varier selon la méthode de transformation et la provenance des asticots. Riches en acides gras essentiels, ces lipides confèrent à la farine une valeur nutritionnelle intéressante, la rendant utile et parfois indispensable dans divers usages alimentaires (Yaxi *et al.*, 2022). Plusieurs auteurs, notamment Atteh et Adedoyin (1993) ainsi que Teguiá *et al.* (2002), ont rapporté des valeurs nutritionnelles variées pour la farine d'asticots. Ces variations dépendent des espèces utilisées, des substrats de production et des méthodes de transformation, qui influencent directement la teneur en nutriments.

Malgré les nombreux paramètres pouvant influencer la composition des asticots, ces derniers demeurent une source nutritionnelle intéressante. La farine d'asticots apparaît comme une source alimentaire relativement pauvre en minéraux. Sa composition chimique révèle cependant une teneur élevée en protéines animales, variant de 47,50 à 52,23 % selon Bouafou *et al.* (2007 ; 2008), ce qui la rend comparable aux farines animales et aux tourteaux d'oléagineux couramment utilisés en alimentation animale. Dans cette étude, la teneur protéique obtenue à l'aide de la méthode de Kjeldahl, avec un facteur de conversion de l'azote de 6,25, est de 48,4 %, un résultat proche de ceux rapportés par ces auteurs.

L'aliment à base d'asticots de *Calliphoridae* présente la concentration protéique la plus élevée (48,4 %), suivi de celui à base de *Muscidae* (41,1 %), tandis que l'aliment commercial Midema révèle la teneur la plus faible (16,0 %).

L'analyse en composantes principales prouve que les aliments à base de *Calliphoridae* et *Muscidae* corrélaient positivement en cendres et en protéines comparativement à l'aliment commercial. Les aliments riches en protéines, comme les viandes et les insectes, contiennent souvent des minéraux essentiels comme le calcium, le fer et le zinc. Ce qui explique cette corrélation.

En revanche, celui-ci corréla positivement en glucides et en lipides. Les lipides et les glucides sont tous deux des sources d'énergies pour l'organisme. Une alimentation riche en l'un tend souvent à être riche en l'autre, surtout dans les aliments transformés. Les différences observées dans les teneurs en lipides ne sont pas significatives (p 0,08).

Le gain de poids, tant durant la phase de démarrage qu'à la fin de la croissance, a été plus élevé chez les sujets ayant reçu une ration enrichie en farine d'asticots séchés, comparativement au groupe témoin nourri exclusivement avec l'aliment commercial Midema. L'introduction de la farine d'asticots dans le régime alimentaire a entraîné une amélioration significative du gain pondéral par rapport au lot témoin. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Loa (2000) sur la production et l'utilisation maîtrisée des asticots. Par contre, Mboma *et al.* (2024) a obtenu des résultats opposés dans lesquels, le témoin qui était l'aliment de MINOCONGO a donné un poids vif élevé aux poulets de chair que ceux nourris avec la farine d'asticot.

Des études antérieures ont montré que la consommation alimentaire est influencée par plusieurs facteurs, notamment la composition chimique de l'aliment, la température ambiante, la forme de présentation des aliments ainsi que l'état physiologique de l'animal (Verdelhan, 2006).

Par ailleurs, des variations significatives des gains de poids en fonction du type d'aliment ( $p < 0,001$ ) ont été observées dès la troisième semaine, c'est-à-dire à partir de la 2<sup>e</sup> semaine d'engraissement.

Les cailleteaux nourris aux rations contenant de la farine d'asticots, notamment les traitements T3 (27,5 %) et T4 (30 %), ont présenté des poids significativement supérieurs à ceux alimentés uniquement à l'aliment commercial Midema. En comparant les rations ayant des taux d'incorporation différents mais provenant de la même source protéique, on observe que les traitements T3 (27,5 %) et T4 (30 %) ont permis une croissance significativement meilleure que les rations T0, T1 et T2.

Ce résultat suggère que le taux optimal d'incorporation de cette source protéique se situe à 27,5%. La différence de poids s'expliquerait par la conséquence directe d'un meilleur apport protéique, énergétique et qualitatif que l'aliment commercial Midema. Les poids moyens enregistrés à la fin de la période de croissance, variant entre 115,2 g et 160,0 g, sont nettement supérieurs à ceux rapportés par Dahouda (2013), qui se situaient entre 89,73 g et 102,93 g à la même phase de croissance. Pour comprendre l'influence du poids final, il faut se référer à la composition nutritionnelle des aliments et comment chaque nutriment agit sur la croissance.

Au terme de la phase de croissance, une diminution notable du taux de mortalité a été observée dans certains traitements. Cette mortalité différait de manière significative entre les groupes T0 (aliment témoin), T1 (F.A 20 %) et T2 (F.A 25 %), en particulier au début de l'expérimentation.

Au 30<sup>e</sup> jour, une légère baisse du taux de mortalité est observée dans les groupes T0, T1 et T2, tandis qu'un nouveau cas de mortalité apparaît dans le traitement T4 (farine d'asticots à 30 %). Le traitement T3 (27,5 % de farine d'asticots) maintient un taux de survie de 100 %. Au 40<sup>e</sup> jour, la mortalité reste stable dans les groupes recevant l'aliment témoin ainsi que les rations contenant 20 % et 25 % de farine d'asticots, alors que le traitement à 27,5 % continue d'afficher une survie maximale. Il est probable que ces mortalités soient liées à un stress d'adaptation, à une transition alimentaire mal tolérée et à des facteurs environnementaux ou défavorable.

L'analyse des indices de consommation en fin d'expérimentation révèle les valeurs suivantes :  $4,43 \pm 1,28$  pour le traitement témoin (T0),  $3,89 \pm 1,2$  pour T1 (20 % de farine d'asticots),  $4,3 \pm 1,32$  pour T2 (25 %),  $3,07 \pm 1,37$  pour T3 (27,5 %) et  $2,75 \pm 1,0$  pour T4 (30 %). Les traitements T3 et T4 se distinguent par des indices de consommation significativement plus faibles.

Les indices obtenus dans cette étude sont inférieurs à ceux rapportés par d'auteurs (Mopounza, 2021 ; Attia *et al.*, 2013 ; Caglyan et Erdogan, 2013) ; Hajkhodadadi *et al.*, 2014 ; Kanyinji et Moonga, 2014 ; Peyman *et al.*, 2014 et Seven *et al.*, 2014).

En phase de finition, les indices de consommation rapportés dans d'autres études varient de 3,7 à 10,2. Les valeurs observées dans cette étude restent globalement inférieures à celles relevées par Bonos *et al.* (2010), Teshfam *et al.* (2011) et Khaksar *et al.* (2012), qui ont obtenu des indices allant de 2,72 à 3,32 durant cette même phase. Par ailleurs, Kanyinji et Moonga (2014) soulignent que l'augmentation de l'indice de consommation en fin de cycle est un phénomène courant en phase de finition.

Ces résultats obtenus pourraient s'expliquer par le faible taux d'incorporation de la farine d'asticots dans la ration. D'autre part, les indices de consommation plus élevés relevés au cours des dernières semaines de croissance traduisent une diminution de l'efficacité de la conversion alimentaire avec l'avancée en âge des cailles.

L'augmentation de l'indice de consommation peut s'expliquer par le fait que les besoins énergétiques d'entretien croissent avec le poids vif des animaux. Ainsi, en phase d'engraissement, une part plus importante de l'énergie ingérée est mobilisée pour le maintien des fonctions vitales, au détriment de la conversion de l'aliment en protéines (Rivière, 1991).

## 5 Conclusion

L'objectif de cette étude était de contribuer à la résolution du problème de l'alimentation des volailles et de voir dans quelle mesure l'utilisation de la farine d'asticot dans l'aliment pour cailles pourrait présenter un avantage zootechnique en réduisant le coût de production en rentabilisant davantage l'aviculture dans nos pays, par rapport aux aliments commercialisés.

L'étude réalisée dans la zone périurbaine de la commune de Mont Ngafula à Kinshasa, a porté sur 240 cailleaux *Coturnix coturnix japonica* répartis en cinq lots de 16 chacun après la phase de démarrage :

- Un lot témoin (T0) nourris avec de l'aliment commercial ;
- Un lot (T1) dont la ration contient 20 % de la farine d'asticot ;
- Un lot (T2) pour lequel a été incorporé dans la ration à hauteur de 25% de la farine d'asticots ;
- Un lot (T3) contenant 27,5 % de la farine d'asticots ;
- Un lot (T4) dont l'incorporation de la farine d'asticot est de 30 %.

Actuellement, aucun aliment sur les cailles n'est commercialisé sur le marché à Kinshasa, les coturniculteurs utilisent les aliments des poulets pour nourrir leurs oiseaux ; mais ils rencontrent souvent un problème de croissance.

La présente étude a pu ainsi déterminer l'effet de l'apport de la farine d'asticots sur la production des cailles. La croissance pondérale évolue avec l'apport de la farine d'asticot en tenant compte du rapport énergie sur matière azotée. L'incorporation du taux de la farine d'asticot jusqu'à 27,5 % dans la ration alimentaire améliore les performances de croissance des cailles.

Mais, un taux de la farine d'asticot à 20 % et 25 % ne présentent aucun effet significatif. En effet, les cailles ayant reçu un aliment contenant 27,5 % de la farine d'asticot ont obtenu des résultats de gain de poids quotidien similaire à celui de l'aliment commercial dont l'indice de consommation est raisonnable. En plus, le taux d'incorporation de la farine d'asticot à 27,5 % dans l'aliment a un effet sur l'appétibilité.

On pourrait donc conclure que la farine d'asticot représente la meilleure source de protéine et son taux optimum d'incorporation dans l'aliment de la caille est de 27,5 %. Ces résultats présentent des avantages considérables qui pourront permettre de faire des recommandations pour l'amélioration de la production des cailles. Toutefois, des recherches ultérieures sont nécessaires pour déterminer les besoins en énergie et en protéine pour la production d'œufs.

En guise de perspectives, cette étude, qui a procédé à la substitution de l'aliment commercial à base de la farine d'asticots dans l'alimentation des cailles offre un potentiel prometteur, une approche progressive, équilibrée, bien surveillée et cruciale. Elle propose de maximiser la croissance pondérale tout en assurant la santé et le bien-être des cailles et les avantages de l'utilisation de la farine d'asticots dans l'alimentation des cailles tout en minimisant les risques. Voici quelques suggestions pratiques :

- Intégrer la farine d'asticots dans l'alimentation des cailles de manière progressive afin de faciliter leur adaptation à cette nouvelle source nutritive. Il est conseillé de débiter avec une faible proportion (entre 10 et 15 %) puis d'augmenter progressivement jusqu'à 30 % ou davantage, en fonction des résultats obtenus ;
- Veiller à ce que l'alimentation globale reste équilibrée. Bien que la farine d'asticots soit riche en protéines, il est important de compléter la ration avec d'autres nutriments essentiels tels que les vitamines, minéraux et acides gras. Pour optimiser la formulation, une collaboration avec un nutritionniste spécialisé en alimentation animale peut s'avérer bénéfique ;
- Mener des essais avec différentes proportions de farine d'asticots dans l'alimentation afin de déterminer le taux de substitution optimal. Il est important de réaliser des tests comparatifs sur plusieurs groupes de cailles pour mesurer la prise de poids, l'efficacité de la conversion alimentaire et l'état général de santé ;
- Suivre attentivement les performances de croissance, la santé et le comportement des cailles. En cas d'apparition de signes de carences nutritionnelles, tels qu'un plumage terne, un retard de croissance ou une baisse de la ponte, il conviendra alors d'ajuster la formulation de la ration alimentaire en conséquence ;
- Veiller à l'utilisation d'une farine d'asticots de haute qualité, produite dans des conditions sanitaires rigoureuses. Il est essentiel de contrôler la traçabilité et les caractéristiques de la production (absence de contaminants, teneurs en protéines et en lipides) afin de prévenir tout risque sanitaire pour les cailles ;

- Dans la mesure du possible, entrer en contact avec d'autres éleveurs ayant déjà expérimenté l'utilisation de la farine d'asticots. Leurs retours d'expérience et observations concrètes peuvent constituer une source précieuse d'informations pour affiner et améliorer la stratégie alimentaire.

Etant donné le rôle essentiel que jouent les asticots dans le contexte de l'élevage, il serait pertinent d'élargir les recherches en vue de leur valorisation accrue dans l'alimentation des volailles. Ces ressources pourraient représenter une alternative intéressante et durable face aux coûts élevés des aliments conventionnels utilisés dans la production animale.

## Références

- [1] Amisi, M.F., Héritier, U.S., Paul, M., Georges, A.L., Innocent, B.K. & Pascal, I.M, (2013) Valorisation de la chenille comestible *Bunaepsis aurantiaca* dans la gestion communautaire des forêts du Sud-Kivu (République Démocratique du Congo). VertigO Hors série 17, DOI: 10.4000/VertigO.13929.
- [2] Anand, H., Ganguly, A. and Haldar P, (2008) Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. Int. J. Poult. Sci. 7, 722–725.
- [3] Aniebo, A. O., Erundu, E. S., et Owen, O. J., (2008) Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. Livestock Research for Rural Development 20(12), 1-5.
- [4] Atteh, j. O., et Ologbenla, f. D., (1993) Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: Effects on performance and nutrient retention. Nigerian Journal of Animal Production 20, 44-49.
- [5] Attia Ya., Abd El-Hamid Ae., Ellakany Hf., Bovera F., Al-Harhi Ma Et Ghazaly Sa. (2013) Growing and laying performance of Japanese quail fed diet supplemented with different concentrations of acetic acid. Italian Journal of Animal Science 12 (e37): 222-229.
- [6] Bonos, Em., Christaki Ev Et Florou-Paneri Pc., (2010) Performance and carcass characteristics of Japanese quail as affected by sex or mannan oligosaccharides and calcium propionate. South African Journal of Animal Science 40 (3): 173-181.
- [7] Bouafou K.G.M, Viviane Z.T., Brou A. K., Koffi G., (2008) Etude de la valeur nutritionnelle de la farine d'asticots séchés chez les rats en croissance. Rev. Ivoir. Sci. Technol.12. 215-225, ISSN 1813-320.
- [8] Bouafou KGM, Kouame KG. and Offoumou AM, (2007) Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés. Tropicultura 25: 70-74.
- [9] Caglayan, T et Erdogan S., (2013) Effet of *Mentha caucasica* on growth performance and carcass characteristics of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Journal of Animal and Veterinary Advances 12(8), 909-913.
- [10] Caparros Megido, R., Desmedt, S., Blecker, C., Béra, F., Haubruge, É., Alabi, T. & Francis, F, (2017) Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. Insects 8, 12.
- [11] Chinery, M., 2012: Insects of Britain and Western Europe Rev.ed. London: Harper collins Publishers. ISBN 978-1-4081-79488-2, p 8.
- [12] Dahouda M., (2013) Performances de croissance des cailles nourries aux aliments contenant des sources de protéines animales et végétales,5 p.
- [13] De Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., Zoccarato, I., Gasco, L. & Schiavone, A., (2015) Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebriomolitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. Anim. Feed Sci. Technol. 209, 211–218.
- [14] Devic, E., Leschen, W., Murray, F. & Little, D.C, (2018) Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. Aquac. Nutr. 24, 416–423.
- [15] Djitie Kouatcho F. Kana JR, Ngoula F, Nana NFC et Teguiá A. (2015) Effet du niveau de protéines brutes sur la croissance et la carcasse chez la caille (*Coturnix sp*) en phase de finition dans les Hautes Terres du Cameroun. Livestock Research for Rural Development 27 (8): 1-10

- [16] Frontier S., Davoult D., Gentilhomme V., Lagadeuc Y., (2007) Statistique pour les sciences de la vie et de l'environnement. Dunod, Paris, 384p.
- [17] Glattbrugg, R., (2014) *Diptera anticemex* AG, Sa gereistrasse 25, CH-8152.
- [18] Hajkhodadadi, I., Moravej H., Shivazad M., Ghasemi H et Zareh-Shahneh A., (2014) Lysine requirements of female Japanese quails based on performance and carcass variables from twenty-One to Forty-Two days of age. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4 (3), 629-635.
- [19] Kanyinji, F et Moonga M., (2014) Effects of replacing maize meal with rumen filtrate-fermented cassava meal on growth and egg production performance in Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 1 (3): 100-106.
- [20] Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K., Affognon, H., Tonnang, H., Maniania, N.K. and Ekesi S, (2015) African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *J. Insects Food Feed* 1, 103–119.
- [21] Khaksar, V., Krimpen M., Hashemipour H et Pilevar M., (2012) Effects of thyme essential oil on performance, some blood parameters and ileal microflora of Japanese Quail. *Journal of Poultry Science* 49: 106-110.
- [22] Loa C. (2000) Production et utilisation contrôlée d'asticots. *Tropicultura*, 18 (4): 215-219.
- [23] Mabilia D M, (2025) Analyses en macronutriments des larves de *Musca domestica* et de *Calliphora vomitoria* produites à Kinshasa, *IJPSAT* vol. 50 No.1 pp.373-381.
- [24] Makkar, H.P., Tran, G., Heuzé, V. and Ankers, P, (2014) State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 1–33.
- [25] Masiala B.M. (2021) Contribution des concessions agricoles périurbaines à l'approvisionnement alimentaire de la ville de Kinshasa. Thèse de doctorat en cotutelle présentée et défendue en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie biologique. Université de Liège, campus de Gembloux Agro-Bio Tech et l'Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, 272 p.
- [26] Mboma M.J., Manzanza K.R.-E., Asapio N.J., Kamwangi M.M., Nkongo N.E., Umba D.M.J. (2024) Essai comparatif de production d'asticots ou larves de mouche (*Musca domestica*) sur divers substrats et son incorporation dans l'alimentation des poulets de chair de la ferme FSAV (Université Loyola du Congo-Kinshasa/Kinshasa-RD Congo). *In Journal of Animal & Plant Sciences* vol. 61(1) : 11138-11152.
- [27] Mopoundza P., (2021) Effet de l'incorporation de la drêche séchée dans l'aliment de la ferme Colette de Kintélé (Brazzaville, République de Congo) sur les performances de croissance des cailles domestiques (*Coturnix Coturnix japonica*) en phase de finition, *J. of Applied Biosc.* 161 :16576-1658.
- [28] Mushambanyi, T.M.B. et Balezi, N, (2002) Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *Tropicultura* 20, 10–16.
- [29] Nzamujo. OP, (1999) Technique for maggot production. The Songhai experience. Unpublished. 8p.
- [30] Peyman, F., Yahyaha E., Habib A S., Naser Ms et Alireza A., (2014) Effects of organic acids supplement on performance and gut parameters in male Japanese quail (*Coturnix coturnix*). *Biological Forum – An International Journal* 6 (2): 127-134.
- [31] Pomalégni, S.C.B., Gbemavo, D.S.J.C., Kpadé, C.P., Kenis, M. & Mensah, G.A, (2017) Traditional use of fly larvae by small poultry farmers in Benin. *J. Insects Food Feed* 3, 187–192.
- [32] Robertson A., Ward D., Lachance S., (2015) Lutte contre la mouche domestique dans l'élevage des volailles. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Toronto, Canada 44p.
- [33] Sankara F. (2017) Co-construction de techniques de production, d'extraction et de séchage de larves de mouche domestique à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural en vulgarisation agricole. Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Burkina Faso, 69 p.

- [34] Seven, I., Simsek., Ug, Gokce Z., Seven PT., Arslan A et Yilmaz O., (2014) The effects of royal jelly on performance and fatty acid profiles of different tissues in quail (*Coturnix Coturnix japonica*) reared under high stocking density. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 38: 271-277.
- [35] Shamna TP, Peethambaran PA, Jalaludeen A, Joseph L et Muhammad Aslam MK. (2013) Broiler characteristics of Japanese quails (*Coturnix Coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *Azolla Pinnata*. Animal Science Reporter 7 (2): 76.
- [36] Tchibozo S., Huis A. van and Paoletti M.G, (2005) Notes on edible insects of South Benin: A source of protein. In Ecological Implications of Minilivestock. Role of Rodents, Frogs, Snails and Insects for Sustainable Development: 246–250. Enfield: Science Publishers.
- [37] Teguaia, A., Mpoame, M. and Mba, J.A.O., (2002) The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. Tropicultura, 20, 187-192.
- [38] Teshfam, M., Vahdatpourv T., Nazeradl K et Ahmadyasl N., (2011) Effects of feed additives on growth-related hormones and performance of Japanese Quail (*Coturnix japonica*). Journal of Animal and Veterinary Advances 10(7): 821-827.
- [39] Ukashatu S, Bello A, Umaru M.A, Onu J E, Shehu S A, Mahmuda A et Saidu B A., (2014) Study of some serum biochemical values of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*) fed graded levels of energy diets in Northwestern Nigeria. Scientific Journal of Microbiology 3(1). 1-8.p-10.
- [40] Van Huis. A, (2003) Insects as food in sub-Saharan Africa. Int. J. Trop. Insect Sci. 23, 163–185.
- [41] Verdelhan S., (2006) Journée nationale ITAVI, Pacé (France), pp 60-65.
- [42] Xiao Ming C., Ying, F., Hong, Z. and ZhiYong C. , (2010) Review of the nutritive value of edible insects. For. Insects Food Hum. Bite Back Proc. Workshop Asia-Pac. Resour. Their Potential Dev. Chiang Mai Thail. 19-21 Febr. 2008 85–92.
- [43] Yaxi Z; Diandian W, Schigi Z, Hao D, Jinhong G, Wenjie Y ., (2022) Nutritional Composition Health Benefits; and Application Value of Edible Insects: A review 2022,11(24), 361.
- [44] Zuidhof M.J., Molnar C.L., Morley F.M., Wray, T.L., Robinson, F.E., Khan B.A., Al-Ani L. and Goone Wardene, L.A, (2003) Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. Anim. Feed Sci. Technol. 105, 225–230.