

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES ANNEXES	VI
FINTINA	VII
RESUME.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCTION	1
2. ETATS DES LIEUX SUR COTURNIX JAPONICA	2
2.1. CAILLE A L'ETAT SAUVAGE	2
2.1.1. REGIME ALIMENTAIRE.....	2
2.1.2. SITUATION DE LA CROISSANCE ET DU CYCLE DE REPRODUCTION DES CAILLES A L'ETAT SAUVAGE.....	2
2.2. CAILLE JAPONAISE DOMESTIQUE	2
2.2.1. MODE D'ELEVAGE DES CAILLES DOMESTIQUEES	2
2.2.1.1. Système de volière.....	2
2.2.1.2. Système de plancher	3
2.2.1.3. Système de cage	3
2.2.2. REGIME ALIMENTAIRE.....	3
2.2.3. MAITRISE DE LA CROISSANCE.....	4
3. MATERIELS ET METHODES.....	6

3.1. MATERIELS.....	6
3.1.1. MATERIEL ANIMAL.....	6
3.1.2. SOURCES ET CARACTERISTIQUES DES ALIMENTS PREPARES POUR L'EXPERIMENTATION.....	6
3.1.2.1. Matières premières utilisées et leurs limites d'incorporations	6
3.1.2.2. Présentation des compositions des aliments.....	9
3.1.1. MATERIEL D'ELEVAGE	9
3.1.2. ALIMENTATION	11
3.1.3. MATERIEL DE PESEE ET MARQUAGE	11
3.2. METHODES	12
3.2.1. EXPERIMENTATION A LA FERME	12
3.2.1.1. Préparation des animaux avant le début de l'expérimentation	12
3.2.1.2. Préparation et distribution de l'alimentation	13
3.2.1.3. Prise des mesures durant l'expérimentation	13
3.2.2. PARAMETRES MESURES ET CALCULES	14
3.2.2.1. Gains de poids	14
3.2.2.2. Quantité d'aliments ingérés (AI) et indice de consommation (IC)	15
3.2.2.3. Taux de mortalité.....	15
3.2.3. METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES	16
3.2.3.1. Analyse de variance et comparaison multiples des moyennes	16
3.2.3.2. Test <i>t</i> de Student	16
3.2.3.3. Analyse de corrélation.....	17
4. RESULTATS.....	18
4.1. PERFORMANCE DE CROISSANCE.....	18
4.1.1. EVOLUTION DE POIDS	18
4.1.2. ANALYSE COMPARATIVE DES GAINS DE POIDS MOYENS	18
4.1.2.1. Différence de gain de poids selon le stade physiologique.....	18
4.1.2.2. Différence de l'évolution de gain de poids inter-lot suivant le sexe	19
4.1.2.3. Différence de l'évolution de gain de poids intra-lot suivant le sexe	19
4.1.3. ANALYSE DE L'EVOLUTION DES INDICES DE CONSOMMATION MOYENNE	20
4.1.3.1. Différence de l'indice de consommation moyenne suivant le stade physiologique.....	20
4.1.3.2. Différence de l'indice de consommation moyenne inter-lot suivant le sexe.....	21
4.1.3.1. Différence de l'indice de consommation moyenne intra-lot suivant le sexe.....	22
4.2. APPETIBILITE DES ALIMENTS	23

4.3. IMPACTS DU TYPE D'ALIMENT SUR LA MORTALITE	23
4.3.1. EVOLUTION DU TAUX DE MORTALITE SUIVANT LE STADE PHYSIOLOGIQUE	23
4.3.2. FACTEURS INFLUANT LA MORTALITE.....	24
5. <u>DISCUSSIONS</u>	25
5.1. EFFET DE PROTEINE SUR LES GAINS DE POIDS.....	25
5.2. EFFICACITE ALIMENTAIRE	25
5.3. APPETIBILITE DES ALIMENTS EN FONCTION DE LA QUALITE.....	26
5.4. EFFET DE L'ALIMENT SUR LA MORTALITE.....	27
5.5. DISCUSSIONS SUR LES HYPOTHESES.....	27
5.6. RECOMMANDATIONS	28
6. <u>CONCLUSION</u>	29
7. <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	30
8. <u>WEBOGRAPHIE</u>	34
9. <u>ANNEXES</u>	A

REMERCIEMENTS

Nous aimerions exprimer à travers ces quelques lignes notre profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidés à la réalisation de ce travail, en particulier :

- Monsieur RAMAMONJISOA Bruno Salomon, Professeur titulaire, Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo de nous donner son accord pour la soutenance de ce mémoire.
- Monsieur RANDRIANARIVELOSEHENO Jules Arsène, Professeur titulaire à l'Université d'Antananarivo, Chef de Mention Sciences Animales, qui malgré ses lourdes et multiples attributions, nous a fait l'honneur de présider le Jury de ce mémoire.
- Monsieur RABEARIMISA Rivo Nirina, PhD en Alimentation Animale, Maître de conférences, Enseignant – Chercheur à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo qui a accepté de siéger parmi les membres de Jury.
- Madame HANTANIRINA Herisoa Isabelle, Docteur en Sciences Agronomiques, Maître de conférences, Enseignant – Chercheur à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo qui nous a donné le privilège de l'avoir comme Jury.
- Monsieur RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène, Professeur titulaire à l'Université d'Antananarivo, Enseignant – Chercheur au sein de la Mention Sciences Animales, notre tuteur, qui, en partageant ses savoirs et expériences, nous a cordialement soutenu pendant la réalisation de ce travail.
- Monsieur RANDRIAMAMPIANINA Rajerison Antoine, Président de Young Progress, de m'avoir accepté en tant que stagiaire dans son organisation.
- Monsieur RATOVOSON Arimino Aina Navale, Directeur exécutif de Young Progress, Doctorant de l'EDGRND à l'Université d'Antananarivo, notre encadreur professionnel, qui nous a inspirés ce travail et nous a appuyés durant toute sa réalisation.
- Monsieur RAMBOATIANA Nantenaina, Docteur en Sciences Agronomiques, Chef de Volet Recherche au sein de Young Progress, qui nous a appuyés pour la formation en traitement statistique.
- Tous les enseignants et personnels de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques qui ont contribué à notre formation durant nos cinq années d'études au sein de l'école.

LISTE DES ABREVIATIONS

AD : Aliment distribué

AI : Aliment ingéré

AIM : Aliment ingéré moyenne

Alt18 : Aliment à 18 % de protéine

Alt20 : Aliment à 20 % de protéine

Alt22 : Aliment à 22 % de protéine

Alt24 : Aliment à 24 % de protéine

Alt26 : Aliment à 26 % de protéine

AR : Aliment refusé

CMV : Complément minéraux et vitamines

IC : Indice de consommation

ICM : Indice de consommation moyen

GMQ : Gain moyen quotidien

GPM : Gain de poids moyen

GPS2 : Gain de poids en semaine S2

MAT : Matière azoté total

TM : Taux de mortalité

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme (NRC, 1994)	4
Tableau 2: Répartition des cailloteaux durant l'expérimentation	6
Tableau 3: Proportion de la quantité des matières premières et des valeurs nutritionnels des aliments composés utilisés.....	10
Tableau 4: Récapitulatif des tests statistiques	17
Tableau 5: Evolution des poids vifs moyens selon l'âge (en g)	18
Tableau 6: Comparaison des gains de poids moyens selon l'âge (en g).....	19
Tableau 7: Gains de poids moyens de chaque lot suivant le sexe (en g)	20
Tableau 8: Tableau représentant les significativité des différences de gain de poids intra-lot.....	20
Tableau 9: Evolution de l'indice de consommation moyenne selon l'âge	21
Tableau 10: Indice de consommation moyenne suivant le sexe	22
Tableau 11: Tableau représentant les significativités des différences des indices de consommation intra-lot.....	22
Tableau 12: Evolution du taux de mortalité suivant le stade physiologique.....	24
Tableau 13: Matrice de corrélation entre l'aliment ingéré moyen, le gain de poids moyen et le taux de mortalité durant la phase de croissance et finition (n = 25)	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Balance SF-400	12
Figure 2: Courbe d'évolution de gain de poids inter-lot suivant le sexe.....	19
Figure 3: Comparaison de l'évolution de l'indice de consommation moyenne inter-lot suivant le sexe.....	21
Figure 4: Courbe représentant la quantité hebdomadaire moyenne d'aliment ingéré par lot	23

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Classification de <i>Coturnix japonica</i>	A
Annexe 2: Morphologie	A
Annexe 3 : Fiche de recensement et distribution des aliments	B
Annexe 4 : Fiche de pesage.....	C

FINTINA

Ny fiompiana papelika japonezy dia lalam-pihariana vaovao ho an'ny firenana toa an'i Madagasikara. Ny fahafahazany ny fotoam-piompiana mihoatra ireo fiompiana akoho amam-borona hafa dia miteraka fidiram-bola haingana kokoa ho an'ny mpiompy. Ankehitriny nefa, misedra olana io lalam-pihariana io noho ny tsy fisian'ny sakafo eny an-tsenana natokana manokana ho an'ny biby. Hitondra anjara biriky amin'ny famahana izany olana izany ity fandinihana iray ity indrindra fa eo amin'ny fandrafetana ireo fangaron-tsakafo-biby. Nomena lanja manokana amin'izany ny fijerena sy fandalinana ny habetsahan'ny proteina anaty sakafo-biby. Araka izany, fanandramana no natao tamina zanaka papelika herinandro miisa 249 izay notsinjaraina tamina toko miisa 6. Ireo biby rehetra ireo dia nompihana tamin'ny toerana manana fenitra ara-tontolo iainana mitovy nandritra ny 35 andro izay faharetan'ny andrana. Ny fikarakarana ireo no natao samihafa teo amin'ny sakafo nomena isaka ny toko tsirairay. Sakafo mitondra angovon'aina mitovy saingy mana fatra proteina samihafa (18%, 20%, 22%, 24% ary 26%) no nomena ireo toko 5 voalohany. Ho an'ny toko farany izay andrana natao fampitahana kosa dia sakafo-biby teny an-tsenana izay manana fatra proteina eo amin'ny 22% no nomena azy. Ny vokatra ny fandinihana, dia maneho amin'ny ankapobeny fa ny tombon-danja isan-kerinandro dia miakatra foana hatramin'ny herinandro fahaenina (S6) ka misongadina amin'izany ny sakafo fampitahana (izay manana proteina 22%). Ankoatra izay, ny fampitahana ny fahazoton-koman'ny biby isaka ireo karazan-tsakafo dia manasongadina ny fahatsaran'io sakafo fampitahana io ihany koa. Manaraka aorian'izany ny sakafo misy tahan'ny proteina 26%. Na izany aza, misy trangam-pahafatesan'ny biby tsikaritra nandritra ny fandinihana izay miovaova araka ny dingampiompihana sy ny karazan-tsakafo. Ny sedram-pampiankinana statistika dia maneho fa mifandray amin'ny tsy fahampian'ny tombon-danja eo amin'ny biby ny fahafatesany. Maneho araka izany ity fandinihana ity ny fandairan'ny sakafo-biby manana taha proteina 22%. Misy ova hafa nefa na izany aza mila alalinina mba hahahafana mandrafitra ny fangaron-tsakafo-biby mifanaraka amin'ny filan'ny papelika.

Teny manan-danja: Papelika japonezy, fitomboana, taha proteina, fahazotoan-komana, sakafo-biby



RESUME

L'élevage des cailles japonaises représente une filière très porteuse dans un pays comme Madagascar. Son caractère à cycle plus court parmi les autres élevages des volailles permet aux éleveurs de procurer des revenus rapides. Actuellement, ce type d'élevage est confronté aux problèmes d'aliment commercial qui lui est spécifique. L'étude y veut ainsi apporter sa contribution notamment dans la formulation de la composition de l'aliment. Une importance particulière est mise dans l'identification et l'analyse de la teneur en protéine appropriée. Pour ce faire, un dispositif expérimental a été mis en place à l'encontre de 249 cailleaux d'une semaine, répartis dans six lots différents. Tous les animaux sont exposés dans les mêmes conditions environnementales durant les 35 jours d'expérimentation. Leur traitement se différencie au niveau de l'apport alimentaire dans chaque lot. Des aliments iso-énergétiques avec un taux de protéine différent (18%, 20%, 22%, 24% et 26%) ont été respectivement distribués pour les cinq premiers lots. Pour le dernier lot considéré comme Témoin, un aliment commercial avec un taux de protéine de 22% a été distribué. A l'issue de l'étude, il a été trouvé que le gain de poids hebdomadaire augmente généralement jusqu'à la semaine S6 avec une importance significative pour le lot Témoin (aliment à 22% de protéine). A part cela, la comparaison de l'appétibilité des différents aliments met également l'évidence de la qualité de l'aliment Témoin. Celle-ci est suivie de l'aliment à 26% de protéine. Il est toutefois à noter qu'un certain nombre de cas de mortalité a été enregistré durant l'analyse et celle-ci a été variable en fonction de la phase d'élevage et le type d'aliment. Le test de corrélation a évoqué que la mortalité est liée à l'insuffisance de gain de poids. Ainsi, l'expérimentation met en évidence l'efficacité de l'aliment à 22% de protéine. D'autres facteurs méritent pourtant d'être approfondis pour disposer une formulation de la composition alimentaire spécifique pour les cailles.

Mots clés : Caille japonaise, croissance, taux de protéine, appétibilité, alimentation animale

ABSTRACT

Japanese quail livestock represents a promising chain value in a country like Madagascar. Its shorter production cycle characteristic among the other poultry livestock allow the producer to provide fast income. Currently, the production is confronted with the problems of specific commercial food for the animals. In this way, this study expects to contribute to resolve that problems by analysing food composition for the quails. Particularly, was focused on the identification and the analysis of the appropriate protein content in the food. So, an experimental design was set up against 249 one-week-old calves, distributed in six different lots. All animals are exposed under the same environmental conditions during the 35 days, period of experimentation. Their treatment differs for each lot in terms of food intake. Iso-energy foods with a different protein level (18%, 20%, 22%, 24% and 26%) were respectively distributed for the first five lots. For the last lot considered as sample control, a commercial food with 22% of protein was distributed. As a result, it was found that weekly weight gain generally increases until the week S6 with a significant difference for the sample control (22% of protein). Also, palatability comparison between the lots highlight the quality of sample control food. This is followed by the food with 26% of protein. However, it should be noted that mortality cases were recorded during the analysis and they were variable depending on the rearing phase and the food types. The correlation test showed that mortality is related to lack of weight gain. Thus, the experimentation emphasizes food with 22% of protein efficacy. Nevertheless, other factors deserve to be deepened to formulate the appropriate and specific food composition for quail livestock.

Keywords: Japanese quail, growth, protein level, palatability, animal food

1. INTRODUCTION

Les cailles sont des espèces aviaires appartenant à la famille des phasianidés, de l'ordre des galliformes. Pour la domestication, l'espèce caille japonaise a été la plus utilisée au vu et au su de ses performances (www.urgasat.com, Aout 2018). De son nom scientifique *Coturnix japonica*, elle est une espèce rustique, de petite taille, caractérisé par une croissance rapide, une maturité sexuelle précoce, un court intervalle de génération, une forte ponte et des exigences moins importantes par rapport aux autres espèces aviaires (NANDA *et al.*, 2015 ; ITELV, 2012 ; RANDALL *et al.*, 2008). Elle est aussi une espèce très prolifique mais à cycle de vie courte d'environ deux ans. A la 6^{ème} semaine d'âge, l'animal atteint la maturité sexuelle ; le mâle pèse entre 100 et 140g tandis que la femelle pris 120 à 160g (RANDALL *et al.*, 2008). Il a évalué que c'est vers les années 1980 que la « coturniculture » a été apparue en Afrique subsaharienne (www.lavoixdupaysan.org, Aout 2018).

Aucun concentré d'aliment n'est encore commercialisé pour obtenir le rendement maximal au niveau de la taille. En effet, ce sont les aliments pour poules qui ont été, la plupart du temps, utilisés pour nourrir la population des cailles à Madagascar. Une expérience a été toutefois réalisée par GUILLAUME et DANIELLE en 1970 pour préciser le besoin azoté des cailles, mais ses recommandations semblent encore moins éclairées car il n'a pas tenu en compte ni de la méthionine, ni de la lysine et ni de la cystine. Or, plusieurs auteurs montrent qu'en vue de sa croissance rapide, les besoins protéiques de la caille sont significativement plus élevés que les poules. Dans ce contexte, il s'avère indispensable d'analyser et d'expérimenter différentes formules alimentaires iso-énergétiques en vue de la fabrication d'aliments composés destiné à la caille japonaise. Ces expériences devraient à la fois soucier de la disponibilité des matières en utilisant les produits locaux rencontrés sur le marché. Dans le cadre de cette étude, une attention particulière a été accordée à la quantification des protéines nécessaires pour avoir une croissance maximale chez les cailles. Les objectifs spécifiques s'y rapportant sont donc de déterminer la variation de poids en fonction de l'apport en protéine et en même temps d'assurer l'appétibilité de l'aliment par l'animale sujette.

En avance, trois hypothèses ont été émises, la première stipule que la croissance des cailles augmente en même temps avec le taux de protéine dans l'aliment. La seconde énonce que la teneur en protéine de l'aliment n'a pas modifié l'appétibilité. La dernière exprime que la teneur en protéine de l'aliment influe le taux de mortalité. Pour mettre une cohérence dans l'analyse, cet ouvrage a été divisé en trois parties : en premier lieu, il a été présenté la synthèse bibliographique. Puis, la seconde partie relatara les matériels et méthodes expérimentales utilisés. Et la dernière partie va présenter les résultats ainsi que les discussions qui se rapportent avec ceux-ci.

2. ETATS DES LIEUX SUR *COTURNIX Japonica*

2.1. CAILLE A L'ETAT SAUVAGE

2.1.1. Régime alimentaire

A l'état sauvage, l'alimentation de la caille est constituée en majeure partie d'une proportion élevée de protéines et d'une grande variété de matières végétales principalement des graines d'herbes. Durant les premières semaines, les cailleteaux se nourrissent essentiellement d'invertébrés ; puis, la proportion de ceux-ci dans leur alimentation diminue au profit de la nourriture végétale (*BRO et PONCE-BOUTIN, 2004*).

2.1.2. Situation de la croissance et du cycle de reproduction des cailles à l'état sauvage

Les cailles sauvages se distinguent des cailles domestiques de par leurs tailles ; la première étant plus petite. Ce sont généralement des oiseaux nocturnes. La parade nuptiale des cailles comprend souvent une habitude d'alimentation. Le mâle montre un petit ver à la femelle, tout en décrétant un appel doux et rauque. La femelle attrape et avale le ver avant de recevoir le mâle comme son compagnon. La ponte se réalise à partir de la fin du mois d'Avril jusqu'au début du mois d'Août en Russie, et la fin du mois de Mai jusqu'au mois d'Août au Japon. Elles pondent un œuf par jour pendant 10 jours avec 5 à 9 œufs en Russie et 5 à 8 œufs au Japon. La durée d'incubation est de 19 à 20 jours (*LAMBERT, 1970*). La femelle est l'unique incubateur des œufs. Les cailleteaux sont mûrs et capables de se reproduire au bout de quatre semaines. L'âge moyen à la maturité sexuelle ou reproductive pour la femelle est de 63 jours tandis qu'il est de 52 jours chez le mâle (*www.animaldiversity.unmz.unich.edu, Aout 2018*).

2.2. CAILLE JAPONAISE DOMESTIQUE

2.2.1. Mode d'élevage des cailles domestiquées

2.2.1.1. Système de volière

Les éleveurs de cailles utilisent souvent un système de volière pour l'élevage. Ce système permet aux animaux d'exprimer aisément leur comportement personnel et social. Le rythme quotidien des animaux y est stimulé par la lumière naturelle laquelle pourrait être soutenue par un éclairage artificiel si nécessaire. Ce dispositif d'élevage diminue également l'agressivité des cailles (*SHANAWAY, 1994 ; SCHMID et WECHSLER, 1997*).

2.2.1.2. Système de plancher

Le système de plancher pour les cailles varie selon la capacité d'animaux à éberger, le procédé de construction, le type de sol et de litière qui peut être profonde ou semi-profonde. Les sols sont de préférence inclinés et cimentés pour permettre un bon drainage et une maintenance de l'hygiène (SIGH, 2010). Selon ROSHDY *et al.* (2010) le système de plancher, en comparant au système de cage, avait des résultats visibles sur les paramètres de production et de reproduction de la caille japonaise. A part cela, les bâtiments peuvent avoir des façades ouvertes ou fermées.

2.2.1.3. Système de cage

Le système de cage est largement utilisé pour le cas des élevages industriels de caille en vue de la production d'œuf ou de viande. Il peut toutefois être utilisé seul ou en combinaison avec le système de planchers. C'est cette association qui est la plus répandue pour l'élevage de la caille japonaise (SHANAWAY, 1994 ; PADMAKUMAR *et al.*, 2000).

2.2.2. Régime alimentaire

Les besoins alimentaires changent en fonction de l'âge des animaux. Mais d'une manière générale, ils sont plus importants en termes de protéines et en acide aminés chez les cailles japonaises comparés aux autres espèces aviaires domestiques comme le poulet en raison surtout de leur croissance rapide. A titre d'illustration, le besoin en protéines est de l'ordre de 16 à 17%, avec un niveau d'énergie métabolisable de 2,65 kcal/g d'aliments pour avoir une ponte optimale. En 1994, un besoin nutritionnel pour les cailles a été établi par la NRC (Cf. Tableau 1).

Les cailles domestiquées aiment généralement une nourriture différée à savoir les farines ou graines fines très riches en protéines et les légumes (courgette, salade, bananes, papaye...) (www.urgasat.com, Aout 2018). Les grains tiennent ainsi une place importante dans leur alimentation. Dans les aliments commerciaux, ils sont accompagnés de cellulose. Toutefois, à cause de leur petite taille, la granulométrie doit être plus fine, notamment jusqu'à l'âge de deux semaines (PRABAKARAN, 2003). Elle contribue grandement à l'assimilation des aliments par les animaux et minimisent ainsi le gaspillage.

Pour la composition des aliments, les cailles peuvent manger des céréales comme le maïs, le millet ou le blé. Pourtant, une préférence très marquée est constatée avec le riz cuit ainsi que d'autres féculents riches en amidon (www.lacailledujapon.discutforum.com, Aout 2018). En ce qui concerne les besoins en protéines et en énergie, il est constaté que le besoin en protéine de la caille est nettement supérieur à celui des autres espèces aviaires domestiques.

Tableau 1: Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme (NRC, 1994)

Nutriments	Unité	Démarrage et croissance 2,900*	Reproduction 2,900*
Protéines et acides aminés			
Protéines	%	24,00	20,00
Arginine	%	1,25	1,26
Glycine + sérine	%	1,15	1,17
Histidine	%	0,36	0,42
Isoleucine	%	0,98	0,90
Leucine	%	1,69	1,42
Lysine	%	1,30	1,00
Méthionine	%	0,50	0,45
Méthionine + cystine	%	0,75	0,70
Phénylalanine	%	0,96	0,78
Phénylalanine + Tyrosine	%	1,80	1,40
Thréonine	%	1,02	0,74
Tryptophane	%	0,22	0,19
Valine	%	0,95	0,92
Graisse			
Acide linoléique	%	1,00	1,00
Macroéléments			
Calcium	%	0,80	2,50
Chlore	%	0,14	0,14
Magnésium	mg	300	500
Non phytates phosphore	%	0,30	0,35
Potassium	%	0,40	0,40
Sodium	%	0,15	0,15
Oligo-éléments			
Cuivre	mg	5	5
Iode	mg	0,30	0,30
Fer	mg	160	20
Manganèse	mg	60	60
Sélénium	mg	0,20	0,20
Zinc	mg	25	50
Vitamines liposolubles			
A	UI	1650	3300
D3	UI	750	900
E	UI	12	25
K	mg	1	1
Vitamines hydrosolubles			
B12	mg	0,003	0,003
Biotine	mg	0,30	0,15
Choline	mg	2,00	1,50
Acide folique	mg	1	1
Niacine	mg	40	20
Acide pantothénique	mg	10	15
Pyridoxine	mg	3	3
Riboflavine	mg	4	4
Thiamine	mg	2	2

* : *Energie Métabolisable (en Kcal/Kg)*

2.2.3. Maitrise de la croissance

La vitesse de croissance des cailleteaux est généralement rapide depuis l'éclosion jusqu'à cinq semaines d'âge ; puis elle ralentit. Le poids adulte est obtenu à environ 50 jours d'âge. Contrairement à la quasi-totalité des autres espèces aviaires domestiques, le dimorphisme sexuel chez la caille

favorise la femelle. La croissance de la caille est affectée par un certain nombre de facteurs, y compris la souche, le sexe, l'âge, la densité, l'apport en nutriments, la photopériode et la température.

Le sexe des animaux a une influence notable sur le poids indépendamment de la souche en faveur des femelles et ce, à partir de la deuxième semaine d'âge (*SHANAWAY, 1994*). Les animaux des lignées sélectionnées pour leur poids corporel élevé ont une génération avec une croissance supérieure (*SHANAWAY, 1994*). La densité animale qu'elle soit en cage ou sur sol affecte également le taux de croissance de la caille (*PADMAKUMAR et al., 2000*). La densité optimale est de 25 kg de poids vif/m² dans les bâtiments ventilés naturellement et de 35 kg de poids vif/m² dans les poulaillers à environnement contrôlé (*SHANAWAY, 1994*).

En outre, la mise à disposition des aliments influe sur la croissance. Il a été observé qu'une augmentation de la prise alimentaire est principalement associée à une réduction de la concurrence pour l'alimentation. (*SHANAWAY, 1994*). La température a par contre un effet inverse sur la quantité d'aliment consommé par individu, le gain de poids, la conversion de l'aliment et les caractéristiques de la carcasse. La température optimale pour un gain de poids élevé est liée à l'âge des animaux. Pendant l'élevage, la photopériode affecte aussi le taux de croissance en influant directement sur la durée de la prise alimentaire aux mangeoires. Lorsque les oiseaux sont soumis à de longues périodes de lumière, leur consommation alimentaire augmente en proportion de la durée d'éclairement. En conséquence, leur poids corporel augmente (*SHANAWAY, 1994 ; RANDALL et BOLLA, 2008*). La durée de lumière optimale est de 8 heures/jour afin de retarder l'activité sexuelle (*ERNST, 1978 ; RANDALL et BOLLA, 2008*).

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3. MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation s'est déroulée dans la ferme de l'association Young Progress sise à Iadiambola – Ampasampito. Elle a débuté le 26 Mars 2018 et a pris fin le 30 Avril 2018.

3.1.MATERIELS

3.1.1. Matériel animal

Les animaux d'élevage sont constitués par des cailles domestiques de race « *Coturnix japonica* ». Ils ont eu l'âge d'une semaine (7jours) au début de l'expérimentation et ont été élevés pendant 35 jours. Les cailleaux utilisés qui ont été en tout au nombre de 249 ont été aléatoirement répartis entre les six cages correspondant aux six différents traitements analysés, de la manière suivante (Tableau 2) :

Tableau 2: Répartition des cailleaux durant l'expérimentation

Lot	Alt18	Alt20	Alt22	Alt24	Alt26	Témoin
Nombre de têtes	41	42	42	42	41	41
Aliment	18% de protéine	20% de protéine	22% de protéine	24% de protéine	26% de protéine	Témoin

3.1.2. Sources et caractéristiques des aliments préparés pour l'expérimentation

3.1.2.1. Matières premières utilisées et leurs limites d'incorporations

Les matières premières utilisées durant l'expérimentation sont achetées au niveau du marché local à Mahazo - Antananarivo. Leurs qualités en sont ainsi fortement dépendantes. Le choix des matières premières utilisés s'est classé en deux facteurs, celles apportant de l'énergie et les autres couvrant les besoins protéiques.

a) Sources d'énergie

➤ Mais grain

Le maïs est de loin le principal contributeur de l'énergie métabolisable utilisé dans la formulation des régimes alimentaires des espèces aviaires domestiques (*LARBIER et LECLERCQ, 1992 ; GYNIIEYS, 2003 ; LEESON et SUMMERS, 2005*). Sa valeur énergétique est apportée par l'endosperme amylicé

qui est principalement composé d'amylopectines et de germes contenant la majeure partie de l'huile. Ses protéines présentent un profil d'acides aminés très déséquilibrés marqué par une déficience en lysine et en tryptophane et un excès de leucine. Le maïs est généralement pauvre en certains oligo-éléments et vitamines (niacine indisponible), mais il constitue une bonne source de biotine et de caroténoïdes (*BOURDON et al., 1989*). Il est riche en xanthophylles de l'ordre 5ppm environ et a disposé environ 0,5 ppm de carotènes, responsable de la coloration du jaune d'œuf et de la peau (graisse corporelle) des animaux (*LARBIER et LECLERCQ, 1992 ; GYNEYS, 2003*).

➤ Manioc sec

Le manioc est généralement produit pour l'alimentation humaine mais il a été parfois affecté pour l'alimentation animale. De par sa nature, il est riche en amidon et en énergie métabolisable mais pauvre en protéines et acides aminés. S'il a été de bonne qualité, il a pu remplacer 20 à 30% au maximum de maïs dans les aliments granulés pour les espèces aviaires domestiques (*HUART et al., 2004*). Cette qualité du manioc a tenu surtout aux conditions de séchage des racines, réalisées de manière plus ou moins artisanale. L'insuffisance ou la lenteur de son séchage avant le stockage a fait apparaître des toxines fongiques, notamment des aflatoxines.

➤ Son de riz fin

Les sous-produits du riz sont le résultat du décorticage et du nettoyage du riz brun, nécessaires à la production du riz blanc pour l'alimentation humaine. Ils sont parmi les sous-produits les plus courants de céréales disponibles à l'industrie de l'alimentation, avec une production mondiale estimée à environ 45 millions de tonnes. Les sous-produits issus de la préparation du riz blanc ont donné un produit appelé son de riz, qui lui-même est composé d'environ 30% en poids de polissage de riz et 70% de vrai son. Les polissages ont été très riches en matières grasses et pauvres en fibres tandis que le vrai son a été faible en gras et riche en fibres. Les proportions du polissage et du vrai son dans un produit mixte ont eu ainsi un effet important sur leur valeur nutritive (*LEESON et SUMMERS, 2005 ; CONCEIÇÃO FARIA et al., 2012*).

L'apport en son de riz a été toutefois à réguler dans la formulation de l'alimentation animale. Son utilisation avec une proportion élevée (40%) a entraîné souvent une dépression de la croissance et une réduction de l'efficacité alimentaire, probablement liées à la présence d'un inhibiteur de la trypsine et des niveaux élevés d'acide phytique (*LEESON et SUMMERS, 2005*).

b) Sources de protéine

➤ Soja graine

Le soja est une légumineuse-oléagineuse figurant parmi les sources de protéines végétales les plus importantes et les plus efficaces du monde. Les États-Unis détiennent la plus grande part de la production de soja (32%), suivie par le Brésil (28%), l'Argentine (21%), la Chine (7%) et l'Inde (4%) (NAHASHON et KILONZO-NTHENGE, 2011). Il contient environ 38% de protéines brutes et 20% d'huile (LEESON et SUMMERS, 2005). Il est à la fois riche en énergie métabolisable du fait de la présence d'huile. Cette dernière fixe les limites d'incorporation qui sont plutôt d'ordre technologique que nutritionnel (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

Le soja contient aussi de petites quantités de saponines, connues depuis longtemps pour provoquer la lyse des érythrocytes lorsqu'ils étaient administrés in vitro (BARROS DOURADO et al., 2011). Ces composés ont pu donner un goût amer et ont pu avoir un impact sur l'absorption des nutriments, mais la concentration a été suffisamment faible et n'a pas eu d'importance pratique (NEWKIRK, 2010).

Le soja, comme toutes les autres plantes, contient de l'acide phytique (phytate), forme de stockage du phosphore, qui résiste à la digestion par les animaux monogastriques et peut interférer avec l'absorption d'autres minéraux tels que le calcium, le zinc, le fer et d'autres métaux (NEWKIRK, 2010; JACOB, 2012).

➤ Tourteau de soja

Le tourteau de soja est la principale source de protéines utilisée dans les industries de volaille et d'élevage dans le monde entier (STEIN, 2008). Son profil d'acides aminés, riche en lysine, tryptophane, isoleucine, valine et thréonine et présentant un équilibre correct entre leucine d'une part et isoleucine et valine d'autre part, est excellent pour la plupart de l'aviculture que ce soit durant la croissance ou la ponte (LARBIER et LECLERCQ, 1992 ; LEESON et SUMMERS, 2005 ; NAHASHON, et KILONZO-NTHENGE, 2011). Le niveau de protéine dans la farine de soja a été variable en fonction de la variété des semences et/ou des conditions de traitement impliquées dans l'extraction des graisses. Traditionnellement, les farines à taux de protéines le plus élevé ont été produites à partir des graines décortiquées (LARBIER et LECLERCQ, 1992 ; LEESON et SUMMERS, 2005) permettant d'avoir la production d'un tourteau '50', renfermant environ 48% de protéines brutes et 2% de matières grasses brutes. Ce type de tourteau est le plus utilisé en alimentation des volailles (LARBIER et LECLERCQ, 1992). Par contre, les farines à taux de protéines faibles (44% de protéines brutes) contiennent toujours les enveloppes des graines et ont été riches en fibres et faibles en énergie métabolisable (LEESON et SUMMERS, 2005). Elles ont été en général réservées à

l'alimentation des espèces tolérant ou utilisant les constituants fibreux (ruminants, porcs, ...) (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

➤ Tourteau d'arachide

Le tourteau d'arachide provient de l'extraction de l'huile d'arachide. Leur utilisation est à limiter en raison de l'éventualité de leur contamination par les aflatoxines. Le taux de ces derniers ne doit pas excéder 100 mg pour être utilisable en aviculture. La limite d'incorporation de ce type de tourteau est aussi limitée à 20% de la formule. La valeur du tourteau d'arachide a dépend largement du processus technologique employé à savoir le degré de décorticage et la méthode d'extraction d'huile (pression ou solvant). Une gradation a pu être trouvée suivant les procédés qu'il soit de l'extraction artisanale ou à partir de la presse manuelle ou dans des industries d'extraction gigantesques. Ces dernières ont produit un tourteau plus homogène en composition et plus stable mais largement moins énergétique (HUART et al., 2004).

➤ Farine de sang

Sous-produit animal issu de l'abattage des bovidés, les farines de sang sont les plus utilisées comme source de protéine animale après la farine de poisson. Elles sont utilisées à la place de cette dernière faute de disponibilité sur le marché. Elles ont contenu environ 89,7% de protéine. Elles ont été pourtant pauvres en calcium et phosphore. Leur limite d'utilisation a été conseillée à 5% (SAUVANT et al., 2004).

3.1.2.2. Présentation des compositions des aliments

Les aliments composés préparés pour les différents traitements expérimentaux ont été tous iso-énergétiques. L'énergie métabolisable a été toujours maintenue à 2900 Kcal/Kg. Les aliments se sont différenciés au niveau du taux de protéine. La composition nutritionnelle et la valeur énergétique ont été déterminées pour respecter les recommandations du *NRC (1994)*. Chaque aliment expérimental est additionné de CMV et de sel (Tableau 3). L'alimentation de démarrage pour poulet de chair commercialisée est utilisée comme aliment de référence durant l'expérimentation.

3.1.1. Matériel d'élevage

Le bâtiment d'élevage a été en dur, orienté parallèlement au vent dominant. Il est situé dans l'enceinte d'exploitation du Centre. Un dispositif d'élevage de 720cm x 100cm x 100cm est mobilisé pour effectuer l'étude. Cinq séparations en grillages ont été placées tous les 120cm suivant la longueur pour avoir les six cages de tailles et de conditions environnementales identiques. Une planche a été

fixée aux fonds de chaque séparation à une hauteur de 30cm, dont le but a été d'éviter l'éparpillement des aliments d'une cage à une autre. Chaque cage a été munie d'une mangeoire et d'un abreuvoir.

Le chauffage a été assuré par des lampes à infrarouges qui ont été en même temps utilisées comme source d'éclairage des locaux d'expérimentation. La température a été réglée selon l'âge des cailles.

Tableau 3: Proportion de la quantité des matières premières et des valeurs nutritionnels des aliments composés utilisés

Aliments	Composition (%)					
	Alt18	Alt20	Alt22	Alt24	Alt26	Témoin
Maïs-grain	24,999	32,353	25,499	35,513	28,067	
Manioc sec	20,000	12,251	20,000	5,000	20,000	
Son de riz fin	30,000	26,112	18,091	20,000	10,000	
Soja-graine	0	0	2,261	5,000	0	
Tourteau de soja	18,000	14,186	18,000	12,315	17,062	
Tourteau d'arachide	2,779	11,532	12,705	18,810	17,240	
Farine de sang	2,000	0,790	1,726	1,610	5,000	
Coquillage	1,723	1,735	1,719	1,709	1,725	
Méthionine	0,153	0,444	0	0	0,117	
Lysine	0,346	0,597	0	0,043	0,790	
Total	100	100	100	100	100	
Valeur nutritionnelle	Teneur (%)					
Energie Métabolisable (Kcal/Kg)	2900	2900	2900	2900	2900	
MAT (%)	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	22,00
Lysine (%)	1,300	1,424	1,644	2,258	2,000	
Méthionine + Cystine (%)	1,026	1,375	1,025	1,159	1,200	
Cellulose brute (%)	3,829	4,029	4,137	4,367	3,950	5,000
Calcium (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	1,000
Phosphore (%)	0,622	0,610	0,540	0,596	0,460	0,600
Calcium / Phosphore (%)	1,280	1,31	1,48	1,34	1,73	1,660
Energie / protéine (Kcal/g)	161	145	132	121	112	

La ventilation a été assurée par deux fenêtres orientées à l'axe Nord-Sud. Durant toute la période d'élevage, l'eau a été distribuée aux cailles dans des abreuvoirs siphoniques de premier âge destinés aux poulets de chair. Durant les périodes de démarrage et de croissance, des petits cailloux ont été placés sur le fond des abreuvoirs pour éviter que les cailleaux se souillent dans l'eau ; et, les abreuvoirs ont été suspendus à la hauteur de gésier des cailles (variant de 1 à 6cm). A partir de la phase de croissance jusqu'à la fin de l'expérimentation, les petits cailloux ont tous été enlevés mais les abreuvoirs ont été maintenus suspendus à la hauteur de gésier pour éviter la souillure de l'eau de boisson.

Durant toute l'expérimentation, l'alimentation a été distribuée, au niveau de chaque cage, dans des mangeoires siphoniques de premier âge destinées aux poulets de chair ayant une capacité de 3litres (soit une mangeoire pour environs 40 têtes de cailleaux). Les mangeoires ont été suspendues à la hauteur du gésier (variant de 1 à 6cm) pour éviter le gaspillage d'aliments. La hauteur de ces mangeoires a été légèrement augmentée avec l'âge des animaux.

Les sciures de bois ont été utilisées comme litières durant toute l'expérimentation. Elles ont été placées au ras des cages avec une épaisseur de 10cm pour favoriser la rétention de chaleur. Elles ont été changées deux fois par semaine pour éviter la souillure et le dégagement d'ammoniac dans le local.

3.1.2. Alimentation

L'alimentation utilisée durant l'expérimentation a été basée sur les matières premières disponibles sur le marché. Les matières premières ont été achetées à Mahazo pour faciliter le transport vers le Centre d'expérimentation à Ampasampito. Les compléments minéraux et vitamines ainsi que les méthionines et lysine ont été achetés auprès d'une société commerciale sise à Mahazo pour éviter la falsification des produits. L'aliment commercial destiné au démarrage des poulets de chair utilisé par le centre a été pris comme référence (Témoin) durant l'expérimentation.

3.1.3. Matériel de pesée et marquage

Le pesage du poids des cailleaux, poids des aliments à distribuer et poids de refus ont été réalisées au cours de l'expérimentation. Une balance électronique de marque « SF-400 » ayant une portée de 5kg et avec une précision de 1g a été utilisée à ces effets (Figure 1). Pour le pesage des aliments, ce matériel a été utilisé tous les matins pour avoir une précision de la quantité des aliments à apporter avant la distribution et celle refusée après la collecte des aliments restants dans les mangeoires. Le même matériel a été utilisé une fois par semaine (tous les lundis) pour le suivi des poids des animaux

qui a été fait par lot d'animaux (c'est-à-dire par cage) pendant la deuxième semaine (S2) (le jour J7 et J14) et par individu à partir de la troisième semaine (S3 à S6) (le jour J21, J28, J35 et J42).

Pour avoir les données relatives à chaque animal à partir de la 3^{ème} semaine d'âge, chaque individu a été identifié. La technique de bagage a été utilisée pour la première fois par *MORTENSEN en 1889 (TSIVINGAINA, 2005)*. Cette technique consistait à mettre autour de l'une des pattes de l'individu une petite bague sur laquelle quelques renseignements sont gravés. Dans cette étude, des sparadraps ont été utilisés pour marquage individuel des cailles. Il a été enroulé sur le patte de l'animal et portant chacun un numéro d'identité de chaque individu. Chaque marquage a été renouvelé hebdomadairement après le pesage mais le numéro de chaque sparadrap a été conservé pour assurer la lisibilité des numéros.



Figure 1 : Balance SF-400

3.2. METHODES

3.2.1. Expérimentation à la ferme

3.2.1.1. Préparation des animaux avant le début de l'expérimentation

L'expérimentation a débuté au 7^{ème} jour d'âge mais l'entretien a commencé à partir de l'éclosion des œufs et a pris fin au 42^{ème} jour. Après l'éclosion, les cailleaux d'un jour ont été placés dans une éleveuse préchauffée à l'aide d'une lampe infrarouge. Pendant les 2 premières heures de naissance, l'eau de boisson a été additionnée d'un vaccin contre la pseudopeste aviaire et a été donnée à volonté aux cailleaux, puis une alimentation très fine a été distribuée. Aussi, un anti-stress a été ajoutée dans l'eau de boisson à partir du 3^{ème} jour jusqu'au 7^{ème} jour d'âge. Cette période a été choisie pour assurer le bon fonctionnement de la transition alimentaire.

3.2.1.2. Préparation et distribution de l'alimentation

Toutes les matières premières ont été préparées à l'aide d'une broyeuse électrique et mélangés sur un sol cimenté à l'aide d'une pelle et des mains. Elles ont été broyées et présentées sous forme de farine pour faciliter la prise par les animaux. Les formules alimentaires (iso-énergétiques) ont été préparées par le logiciel Solveur et les limites d'incorporation ont été respectées. Les régimes ont été formulés de manière à répondre aux besoins nutritionnels établis pour la caille par le Conseil National de Recherches (INRA, 1984) au cours des différentes périodes de son élevage.

Dès la naissance jusqu'au 3^{ème} jour d'âge, tous les cailleteaux ont été nourris de l'aliment commercial destiné aux poulets de chair en démarrage utilisé dans la ferme. A partir du 4^{ème} jour, les cailleteaux ont traversé une phase de transition alimentaire pour changer complètement de ration à partir du 7^{ème} jour. Les cinq lots ont reçu respectivement une alimentation iso-énergétique à 18, 20, 22, 24 et 26% de protéine entre le 7^{ème} jour et le 42^{ème} jour d'âge.

Les distributions d'aliments et d'eau de boisson a été ad libitum. Elles ont été faites une fois par jour, toutes les matinées (entre 7h30 et 8h). Le changement de l'eau a été fait avant la distribution des aliments.

3.2.1.3. Prise des mesures durant l'expérimentation

a) Consommation alimentaire

La consommation alimentaire a répondu à la quantité de nourriture que l'animal a ingérée lorsqu'il a eu libre accès. La quantité d'aliment distribuée et celle refusée de chaque lot ont été notée quotidiennement. Ces informations ont eu par la suite permis de calculer la quantité d'aliments ingérée, l'indice de consommation hebdomadaire durant les périodes de croissance et de finition ainsi que l'indice de consommation total durant toute la période d'élevage. L'aliment ingéré a été obtenu par la soustraction de la quantité d'aliment distribué par l'aliment refusé.

$$AI = AD - AR \quad (\text{Formule 1})$$

AI : Aliment ingéré (g) ; AD : Aliment distribué (g) ; AR : Aliment refusé (g)

b) Performance de croissance

Le gain de poids moyen est un des facteurs mesurés pour apprécier la performance zootechnique d'un animal. Il permet de connaître l'évolution pondérale et le poids d'un individu chaque semaine ou pendant chaque phase.

Durant la période de croissance (du 7^{ème} jour jusqu'au 21^{ème} jour), les poids totaux des cailleaux ont été pris chaque semaine à la même heure avant la distribution de l'aliment (chaque lundi entre 07 et 08h du matin). Ces poids ont servi à calculer le poids moyen hebdomadaire du lot durant la période de croissance. Ce pesage par lot a été pratiqué durant cette période à cause de la fragilité des cailleaux. En effet, un pesage par individu durant cette période a été déjà fait au niveau du Centre et a entraîné soit une anomalie des pattes soit une augmentation du taux de mortalité (jusqu'à 50%) après le marquage des pattes des cailleaux.

A partir du 21^{ème} jour jusqu'à la fin de l'expérimentation, les poids corporels individuels de toutes les cailles ont été pris chaque semaine à la même heure avant la distribution des aliments. Ce pesage a permis de calculer séparément le poids moyen hebdomadaire (du lot, des mâles et des femelles). Le gain moyen quotidien (GMQ) s'est calculé comme suit :

$$\text{GMQ} = [(Pm f - Pm i) / (f - i)] \quad (\text{Formule 2})$$

Pm f: Poids moyen final (g) ; Pm i: Poids moyen initial (g) ;

f: Jour final (nombre) , i: Jour initial (nombre)

c) Mortalité des individus

Le taux de mortalité a été défini comme le rapport entre le nombre d'animaux mort et le nombre initial d'animaux vivants. Les individus morts ont été notés dans une fiche afin de pouvoir calculer le taux de mortalité pour chaque stade de chaque lot. Le taux de mortalité s'est calculé comme suit :

$$\text{Taux de mortalité} = \frac{\text{nombre de sujets morts}}{\text{nombre de sujets mis en place}} \quad (\text{Formule 3})$$

Le nombre de sujet mis en place a été déterminé en début de la phase considéré, et le nombre de sujet morts a été déterminé à la fin de la phase considéré.

3.2.2. Paramètres mesurés et calculés

3.2.2.1. Gains de poids

Le gain de poids a été défini comme étant l'accroissement du poids obtenu par un animal nourri avec un type de rationnement donné pendant une période donnée. Dans le cadre de cette étude, la période a été ramenée à un intervalle hebdomadaire. Cette méthode a été utilisée pour avoir le gain de poids moyen des cailleaux durant la semaine S2 en raison de la difficulté des pesages individuels durant cette période. Le gain de poids moyen durant la première semaine de la phase de croissance est adapté comme suit :

$$\text{GPS2} = \frac{Pfc}{nfc} - \frac{Pic}{nic} \quad (\text{Formule 4})$$

GPS2 : Gain de poids en semaine S2 (g) ; Pfc : Poids final du cheptel (g) ; Pic : Poids initial du cheptel (g) ; nfc : Nombre d'individu final du cheptel ; nic : Nombre d'individu initial du cheptel (g)

Par contre, le gain de poids moyen hebdomadaire à partir de la troisième semaine d'âge a été obtenu à partir de la formule suivante :

$$\text{GPM} = \frac{1}{N} [(Pf1 - Pi1) + (Pf2 - Pi2) + \dots + (Pfn - Pin) \pm \text{Ecart type}] \quad (\text{Formule 5})$$

GPM : Gain de poids moyen hebdomadaire (g) ; Pf: Poids final (g) ; P i: Poids moyen initial (g) ; 1,2, ...,n : numéro des individus ; N: nombre des individus

3.2.2.2. Quantité d'aliments ingérés (AI) et indice de consommation (IC)

L'aliment ingéré (AI) a été la quantité d'aliments consommés par un individu pendant une période donnée. Dans le cadre de cette étude, l'approche d'analyse par semaine a été utilisée pour uniformiser les unités temporelles d'analyse durant l'ensemble de tous les traitements. La formule utilisée pour le calcul de l'aliment ingéré a été ainsi adaptée comme suit :

$$\text{AIS} = [(Ad1 - Ar1) / n1] + [(Ad2 - Ar2) / n2] + \dots + [(Ad7 - Ar17) / n7] \quad (\text{Formule 6})$$

AIS : quantité d'aliment ingéré pendant une semaine (g) ; Ad : Aliment distribué (ex : Ad1 : aliment distribué en jour 1) (g) ; Ar : Aliment refusé (g) ; n : nombre d'animaux ayant reçu l'aliment (ex : n1 : nombre d'animaux en jour 1)

L'Indice de Consommation (IC) a été un paramètre permettant de connaître la quantité exacte d'aliment qui a servi à la production d'une unité de produit. Ce paramètre a été utilisé pour mesurer l'efficacité des aliments étudiés. Il a été apprécié à partir de la formule suivante :

$$\text{IC} = \frac{\text{AIS}}{\text{GPM}} \quad (\text{Formule 7})$$

IC : Indice de consommation ; AIS : quantité d'aliment ingéré pendant une semaine (g) ; GPM : Gain de poids moyen hebdomadaire (g)

3.2.2.3. Taux de mortalité

Le taux de mortalité a représenté un indicateur non négligeable pour la réussite de l'expérimentation. Il a été apprécié à travers le recensement des individus morts durant la prise des informations

journalières durant l'expérimentation. Et pour l'analyse, la formule suivante a été appliquée (BOURGEOIS-PICHAT, 1951) :

$$\text{Taux de mortalité} = \frac{\text{nombre des cailles morts par phase}}{\text{nombre initial des cailles par phase}} \quad (\text{Formule 8})$$

3.2.3. Méthodes d'analyses statistiques

La préparation des aliments expérimentaux a été faite avec l'appui du Complément **Solveur** sous Microsoft Excel.

Cinq variables ont été étudiés dont les poids moyens hebdomadaires, les gains de poids moyens hebdomadaires, les indices de consommation, l'appétibilité et le taux de mortalité. Tous ces paramètres ont été soumis à des analyses statistiques pour tester la significativité de la différence obtenues entre les différents lots durant la comparaison des moyennes suivant les hypothèses ultérieures. Les différents tests statistiques ont été faits sous **R Studio 3.0.3**. Durant le traitement des données, les individus présentant des données manquantes et/ou des données aberrantes n'ont pas été pris en compte.

3.2.3.1. Analyse de variance et comparaison multiples des moyennes

L'Analyse de variance à un facteur a été utilisée dans le traitement de données recueillies pour mettre en évidence la différence de poids, de gain de poids, indice consommation et aliment ingéré. L'objectif a été de vérifier l'existence de différence significative entre le poids, le gain de poids de chaque lot, l'indice de consommation de chaque lot et l'appétibilité de chaque aliment. Pour ordonner les moyennes significativement différentes, le test de *Tukey* a été utilisé. Ce test classe et rassemble les moyennes qui n'ont montré une différence d'une part, et ceux qui se correspondent statistiquement d'autre part.

L'intervalle de confiance a été fixé à 95%. L'hypothèse nulle a été refusée quand la valeur de p est supérieure à 0,05.

3.2.3.2. Test t de Student

Le Test t de Student a été utilisé pour comparer les gains de poids moyens et les indices de consommation entre les individus mâles et femelles. Ce test a eu l'avantage de connaître la variabilité de croissance suivant le sexe intra-lot.

L'intervalle de confiance a été fixé à 95%. L'hypothèse nulle a été refusée si la valeur de p est supérieure à 0,05.

3.2.3.3. Analyse de corrélation

Pour vérifier si l'apport en protéine de l'aliment et si l'évolution de gain de poids a influé sur le taux de mortalité, un test de corrélation *r de Pearson* a été utilisé. C'est une mesure de l'intensité de relation utilisant le coefficient de corrélation notée **r**. Sa valeur a été comprise entre l'intervalle -1 et +1. Une corrélation a été forte lorsque cette valeur a été supérieure à 0,8. Deux variables ont eu une relation significative quand le coefficient de corrélation a été compris entre 0,5 et 0,8. Et elles ont eu une relation modérée lorsque ceci a été compris entre 0,3 et 0,5. Une corrélation a été considérée comme faible lors que cette valeur a été inférieure à 0,3. Si elle a été positive, les variables ont été en même progression. Si elle a été négative, ce qui signifie que l'effet entre les variables a été contradictoire. L'hypothèse nulle a été refusée si **r** est supérieur à 0,5 (VESSEREAU, 1988 ; CERESTA, 1991).

Tableau 4: Récapitulatif des tests statistiques

Hypothèses	Paramètre	Paramètre à étudier	Test
La teneur en protéine de l'aliment affecte la croissance des cailles suivant leur stade physiologique	Croissance	Poids vif	ANOVA à un facteur suivi du test de <i>Tukey</i>
		Gain de poids	
		Indice de consommation	<i>T Student</i>
La teneur en protéine de l'aliment n'a aucun effet sur l'appétibilité	Appétibilité	Aliment ingéré	ANOVA à un facteur
La teneur en protéine dans l'aliment influe la mortalité	Mortalité	Taux de mortalité	Corrélation entre le gain de poids et l'appétibilité de l'aliment sur le taux de mortalité

4. RESULTATS

4.1. PERFORMANCE DE CROISSANCE

4.1.1. Evolution de poids

L'éclosion des cailleteaux utilisés durant l'expérimentation a eu lieu au moment jour. La distribution des animaux dans les différents lots a été faite au hasard au septième jour d'âge. Une légère différence du poids initial en a résulté entre les lots. Par contre, à partir de J14, le poids du lot témoin s'est grimpé et ce, jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Au 14^{ème} jour d'âge, le lot Alt20 (43g) est le plus performant parmi les lots expérimentaux et qui est suivi par le lot Alt26 (42g). A partir du 21^{ème} jour d'âge jusqu'à la fin de l'expérimentation, les lots Alt20 et Alt26 sont classés comme ayant une ressemblance statistique. Ces derniers sont les plus performants entre les lots expérimentaux (Tableau 5).

Tableau 5: Evolution des poids vifs moyens selon l'âge (en g)

Lot	J7	J14	J21	J28	J35	J42
Alt26	26	42	70 ± 10	98 ± 15	130 ± 19	153 ± 20
Alt24	25	38	65 ± 10	72 ± 12	78 ± 12	87 ± 13
Alt22	21	27	44 ± 14	59 ± 18	75 ± 22	96 ± 24
Alt20	21	43	80 ± 17	115 ± 21	135 ± 21	150 ± 23
Alt18	22	34	59 ± 17	85 ± 22	104 ± 24	124 ± 26
Témoin	25	67	115 ± 7	161 ± 10	193 ± 10	220 ± 12

4.1.2. Analyse comparative des gains de poids moyens

4.1.2.1. Différence de gain de poids selon le stade physiologique

Pendant la phase de croissance, des différences significatives entre chaque lot se présentent, tel que le lot Témoin est le plus performant ($45 \pm 7g$) (Tableau 6). Ce résultat traduit que l'aliment contenant une teneur en protéine supérieur à 22% est suffisant pour les cailles en phase de croissance (la teneur en protéine de l'aliment Témoin est 22% (Tableau 3)).

Durant la phase de finition, des différences significatives se présentent entre chaque lot. Le lot Témoin est le plus performant car il a les valeurs des moyens des gains de poids les plus élevées. En semaine 6, le lot Alt18 est au même niveau de gain de poids que le lot Témoin. Les résultats engendrent que les cailles en phase de finition ont besoin de protéine supérieur à 22%. Mais, à la 6^{ème} semaine d'âge, un aliment à 18% de protéine est suffisant pour avoir un gain de poids optimal. Aussi, le gain de poids régresse au fur avec l'âge des cailles (Tableau 6).

Tableau 6: Comparaison des gains de poids moyens selon l'âge (en g)

Lot	S2	S3	S4	S5	S6
Alt26	16	28 ± 10	28 ± 8	32 ± 8	23 ± 7
Alt24	13	27 ± 10	7 ± 6	6 ± 4	8 ± 7
Alt22	5	17 ± 14	15 ± 7	15 ± 9	21 ± 6
Alt20	22	37 ± 17	35 ± 8	20 ± 8	15 ± 8
Alt18	11	26 ± 17	26 ± 7	19 ± 9	20 ± 7
Témoin	42	45 ± 7	45 ± 4	33 ± 4	23 ± 5

4.1.2.2. Différence de l'évolution de gain de poids inter-lot suivant le sexe

Les moyennes de gain de poids des mâles et femelles du lot Témoin sont toujours supérieur aux lots expérimentaux durant l'expérimentation (Figure 2). Ce qui veut dire que l'aliment contenant des protéines à un taux à 22% est suffisant pour avoir un gain de poids optimal durant la phase de croissance et finition.

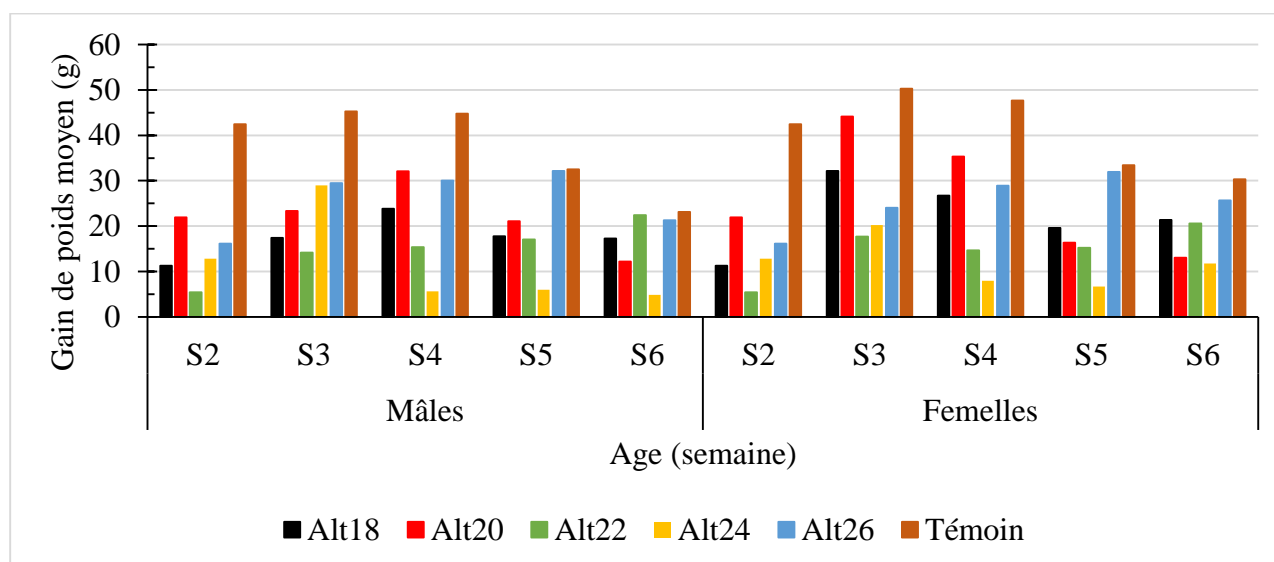


Figure 2: Courbe d'évolution de gain de poids inter-lot suivant le sexe

4.1.2.3. Différence de l'évolution de gain de poids intra-lot suivant le sexe

Des valeurs de $P < 0.05$ existe entre le gain de poids des mâles et des femelles dans les résultats, qui traduisent l'existence des différences significatives (Tableau 8). Mais, pour toutes différences observées, les femelles sont toujours supérieures aux mâles (Tableau 7).

Tableau 7: Gains de poids moyens de chaque lot suivant le sexe (en g)

Lot	Sexe	S2	S3	S4	S5	S6
Alt26	Femelles	16	25 ± 12	26 ± 8	31 ± 10	26 ± 6
	Mâles	16	29 ± 9	29 ± 8	32 ± 7	21 ± 7
Alt24	Femelles	13	24 ± 9	9 ± 6	6 ± 2	12 ± 5
	Mâles	13	29 ± 11	6 ± 5	7 ± 6	5 ± 9
Alt22	Femelles	5	19 ± 13	15 ± 7	15 ± 9	21 ± 6
	Mâles	5	15 ± 13	16 ± 8	17 ± 9	22 ± 5
Alt20	Femelles	22	50 ± 17	37 ± 9	18 ± 8	13 ± 9
	Mâles	22	26 ± 12	33 ± 7	21 ± 8	16 ± 8
Alt18	Femelles	11	32 ± 21	27 ± 7	21 ± 11	21 ± 8
	Mâles	11	17 ± 9	24 ± 8	18 ± 7	17 ± 6
Témoin	Femelles	42	50 ± 6	48 ± 5	33 ± 6	30 ± 5
	Mâles	42	45 ± 7	45 ± 4	33 ± 4	23 ± 5

Tableau 8: Tableau représentant les significativité des différences de gain de poids intra-lot

Semaine	Alt18	Alt20	Alt22	Alt24	Alt26	Témoin
S3	0,05	0,01	0,62	0,09	0,2	0,08
S4	0,34	0,34	0,85	0,45	0,77	0,1
S5	0,67	0,24	0,63	0,78	0,95	0,65
S6	0,19	0,88	0,6	0,16	0,19	0,01

4.1.3. Analyse de l'évolution des indices de consommation moyenne

4.1.3.1. Différence de l'indice de consommation moyenne suivant le stade physiologique

Durant la première semaine de la phase de croissance, l'indice de consommation moyenne de chaque lot est statistiquement différent ; le lot Témoin a la valeur la plus faible (1,84). Ce résultat traduit l'efficacité du lot Témoin par rapport aux lots expérimentaux. Par contre, aucune différence statistique n'est observée entre les lots durant la dernière semaine de la phase de croissance. Ce résultat engendre que les lots expérimentaux se sont habitués à leur nouveau régime d'alimentation respective (Tableau 9).

En semaine 5, une différence significative existe entre le lot Alt18 et Alt26 (Tableau 9). Cette différence traduit l'inefficacité de l'aliment contenant 18% de protéine. Le résultat engendre qu'en

phase de finition, un aliment contenant 20% de protéine est suffisant pour recouvrir les besoins protéiques des cailles japonaises.

Tableau 9: Evolution de l'indice de consommation moyenne selon l'âge

Lot	S2	S3	S4	S5	S6
Alt26	5,48	3,71 ± 1,47	4,62 ± 2,15	3,95 ± 1,11	4,79 ± 1,72
Alt24	5,08	3,41 ± 1,29	7,28 ± 5,47	9,69 ± 6,66	4,80 ± 3,96
Alt22	10,10	7,35 ± 4,19	5,76 ± 3	7,21 ± 4,82	4,83 ± 1,43
Alt20	2,64	3,15 ± 1,67	3,15 ± 0,80	5,05 ± 2,32	4,26 ± 3,04
Alt18	5,43	3,62 ± 3,11	4,05 ± 1,53	7,46 ± 4,76	6,76 ± 2,98
Témoin	1,84	2,34 ± 0,36	2,56 ± 0,27	4,75 ± 0,65	7,79 ± 1,90

4.1.3.2. Différence de l'indice de consommation moyenne inter-lot suivant le sexe

Durant la première semaine de la phase de croissance (Figure 3), l'indice de consommation moyenne de chaque lot est statistiquement différent ; le lot Témoin a la valeur la plus faible. Ce résultat traduit l'efficacité du lot Témoin par rapport aux lots expérimentaux.

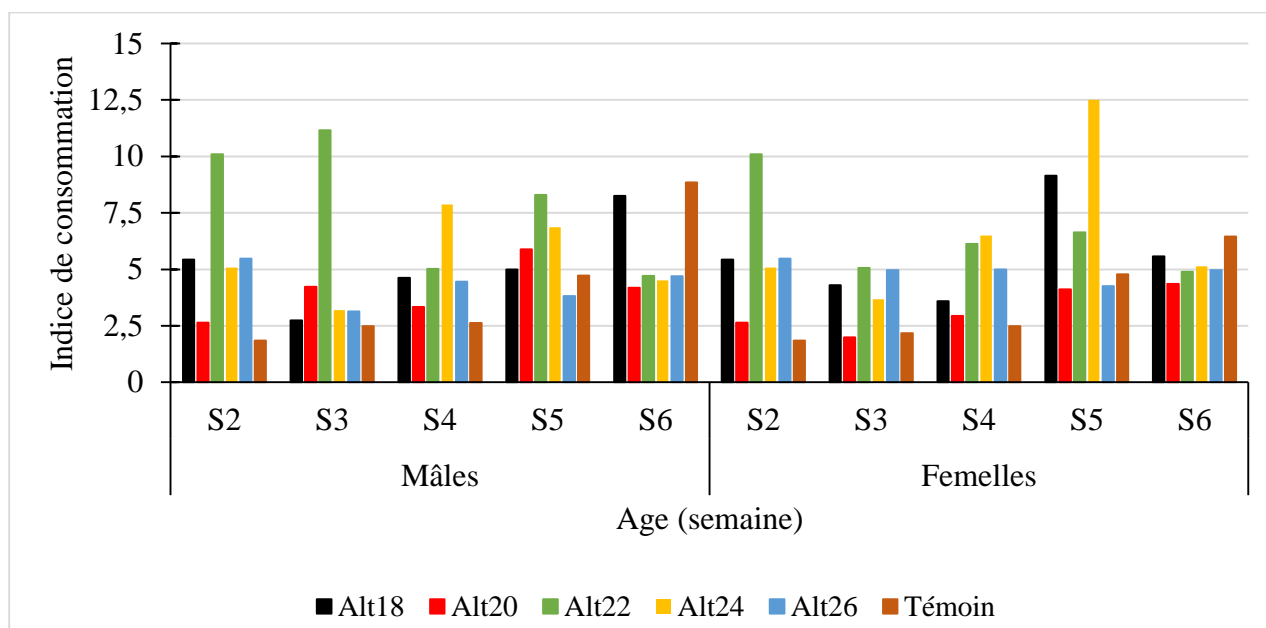


Figure 3: Comparaison de l'évolution de l'indice de consommation moyenne inter-lot suivant le sexe

Pour les mâles à la 3^{ème} semaine, une différence statistique se présente entre le lot Alt26 et le lot Témoin (respectivement $3,14 \pm 0,95$ et $2,48 \pm 0,42$) par rapport au lot Alt22 ($11,16 \pm 5,64$). Ce qui a entraîné le ralentissement de croissance du lot Alt22. Aussi, une différence significative existe entre

le lot Alt26 et le lot Témoin (respectivement $4,25 \pm 1,39$ et $4,78 \pm 0,84$) par rapport au lot Alt24 ($12,50 \pm 5,52$), et de même Alt18 ($9,15 \pm 7,08$) par rapport à Alt20 ($4,11 \pm 1,68$) chez les femelles à la 5^{ème} semaine (Tableau 10). Ce qui traduit l'inefficacité de l'aliment du lot Alt24 et du lot Alt18 chez les femelles.

Tableau 10: Indice de consommation moyenne suivant le sexe

Lot	Sexe	S2	S3	S4	S5	S6
Alt26	Femelles	5,48	$4,96 \pm 2,65$	$4,99 \pm 2,32$	$4,25 \pm 1,39$	$4,96 \pm 1,30$
	Mâles	5,48	$3,14 \pm 0,95$	$4,45 \pm 2,06$	$3,81 \pm 0,91$	$4,70 \pm 1,95$
Alt24	Femelles	5,08	$3,67 \pm 1,21$	$6,50 \pm 2,69$	$12,50 \pm 5,52$	$5,13 \pm 1,32$
	Mâles	5,08	$3,19 \pm 1,29$	$7,87 \pm 7,44$	$6,87 \pm 7,66$	$4,51 \pm 6,30$
Alt22	Femelles	10,10	$5,07 \pm 5,64$	$6,13 \pm 2,29$	$6,64 \pm 4,58$	$4,89 \pm 1,54$
	Mâles	10,10	$11,16 \pm 5,64$	$5,02 \pm 2,29$	$8,30 \pm 4,58$	$4,71 \pm 1,54$
Alt20	Femelles	2,64	$1,99 \pm 0,71$	$2,94 \pm 0,77$	$4,11 \pm 1,68$	$4,35 \pm 3,50$
	Mâles	2,64	$4,23 \pm 2,24$	$3,34 \pm 0,85$	$5,88 \pm 3,04$	$4,18 \pm 2,58$
Alt18	Femelles	5,43	$4,30 \pm 3,07$	$3,59 \pm 1,07$	$9,15 \pm 7,08$	$5,58 \pm 1,81$
	Mâles	5,43	$2,74 \pm 3,51$	$4,63 \pm 2,12$	$5 \pm 1,16$	$8,25 \pm 4,80$
Témoin	Femelles	1,84	$2,17 \pm 0,25$	$2,48 \pm 0,26$	$4,78 \pm 0,84$	$6,45 \pm 1,06$
	Mâles	1,84	$2,48 \pm 0,42$	$2,63 \pm 0,25$	$4,73 \pm 0,50$	$8,85 \pm 2,07$

4.1.3.1. Différence de l'indice de consommation moyenne intra-lot suivant le sexe

Des différences significatives s'observent sur le lot Alt20 et le lot Témoin en phase de finition (Tableau 11). Ces différences sont dues par le ralentissement de croissance des femelles et la forte croissance des mâles. Des valeurs de l'indice de consommation moyenne négatives sont observés, qui sont dû par la perte de poids (gain de poids négatif). Toutes les différences significatives observées évoquent que l'indice de consommation des femelles sont supérieures à ceux des mâles (Tableau 10).

Tableau 11: Tableau représentant les significativités des différences des indices de consommation intra-lot

Semaine	Alt18	Alt20	Alt22	Alt24	Alt26	Témoin
S3	0,32	0,08	0,06	0,08	0,45	0,06
S4	0,6	0,01	0,57	0,76	0,51	0,01
S5	0,21	0,19	0,76	0,22	0,29	0,01
S6	0,31	0,4	0,06	0,53	0,7	0,09

4.2. APPETIBILITE DES ALIMENTS

a) Croissance

Durant la première semaine de la phase de croissance, les lots Alt20 et Alt22 (respectivement $8,27 \pm 1,67$ g/jour et $7,85 \pm 2,40$ g/jour) présente statistiquement une différence significative par rapport au lot Alt26 ($12,62 \pm 2,08$ g/jour). Et, l'aliment Alt26 est le plus appétable. Tandis que, le lot Alt18, Alt24, Alt26 et le lot Témoin se ressemblent statistiquement. Mais, durant la dernière semaine de la phase de croissance, les lots Alt18 et Alt24 (respectivement $10,36 \pm 3,85$ g/jour et $10,47 \pm 0,99$ g/jour) présente une différence significative par rapport au lot Témoin ($15,25 \pm 1,97$ g/jour). Et, une ressemblance statistique se présente entre le lot Alt20, Alt22, Alt26 et le lot Témoin (Figure 7).

b) Finition

À la 4^{ème} semaine d'âge, les lots Alt18, Alt20, Alt26 et le lot Témoin (respectivement $12,37 \pm 2,71$ g/jour, $14,48 \pm 2,42$ g/jour, $14,37 \pm 2,04$ g/jour et $16,58 \pm 4,63$ g/jour) présentent une différence significative par rapport aux lots Alt22 et Alt24 (respectivement $9,14 \pm 1,02$ g/jour et $8,02 \pm 1,41$ g/jour). L'aliment Témoin est le plus appétable durant toute la phase de finition. L'aliment Alt24 est le moins appétable durant les deux premières semaines de la période de finition. Par contre, aucune différence statistique n'a pas été trouvée entre les lots expérimentaux à la semaine 6. Mais, il existe une différence significative entre les lots expérimentaux par rapport au lot Témoin (Figure 7).

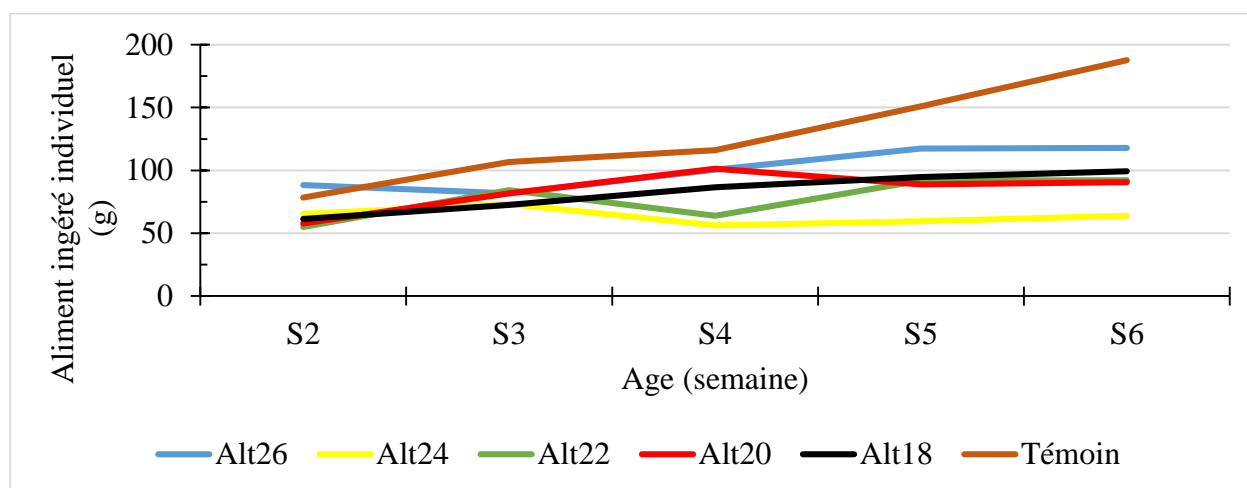


Figure 4: Courbe représentant la quantité hebdomadaire moyenne d'aliment ingéré par lot

4.3. IMPACTS DU TYPE D'ALIMENT SUR LA MORTALITE

4.3.1. Evolution du taux de mortalité suivant le stade physiologique

Dans cette étude, il a été constaté que le taux de mortalité du lot Alt24 au cours de la période de l'expérimentation est très élevé alors que l'effectif du lot Témoin et le lot Alt26 est presque intact.

Les lots Alt22, Alt20 et Alt18 présentent un taux de mortalité moyen de 20% durant la phase de croissance et finition (Tableau 12).

Tableau 12: Evolution du taux de mortalité suivant le stade physiologique

Type de traitement	Croissance	Finition
Alt18	7,32 %	10,53 %
Alt20	4,76 %	20,00 %
Alt22	19,05 %	14,71 %
Alt24	9,52 %	55,26 %
Alt26	0 %	9,76 %
Témoin	0 %	0 %

4.3.2. Facteurs influant la mortalité

Une analyse de corrélation a été faite pour vérifier l'existence d'interaction entre le gain de poids et la quantité d'aliment ingéré sur le taux de mortalité (Tableau 13).

- Une relation modérément positive existe entre le gain de poids et la quantité d'aliment ingéré. Ce résultat explique que le l'insuffisance d'appétibilité influe l'insuffisance de gain de poids des animaux.
- Une relation significativement négative (-0,55) existe entre le gain de poids et le taux de mortalité. Ce résultat traduit que l'insuffisance de gain de poids a entraîné la mortalité.
- Enfin, une relation modérément négative (-0,43) s'observe entre la quantité d'aliment ingéré et le taux de mortalité. Ce résultat traduit que l'insuffisance de gain de poids est influencé par l'insuffisance d'appétibilité a entraîné la mortalité.

Tableau 13: Matrice de corrélation entre l'aliment ingéré moyen, le gain de poids moyen et le taux de mortalité durant la phase de croissance et finition (n = 25)

	AIM	GPM	TM
AIM	1		
GPM	0,48	1	
TM	- 0,43	- 0,55	1

AIM : Aliment ingéré moyen ; GPM : Gain de poids moyen ; TM : Taux de mortalité

5. DISCUSSIONS

La discussion se rapporte sur l'effet de protéine sur les gains de poids, l'efficacité alimentaire, l'appétibilité en fonction de la qualité ainsi que l'effet du traitement sur la mortalité. Elle permet ainsi de situer les résultats de l'étude par rapport aux autres études similaires.

5.1. EFFET DE PROTEINE SUR LES GAINS DE POIDS

Les cailles en phase de croissance et finition ont besoin de protéine à 22%. Mais, ce besoin se diminue progressivement avec l'âge et un aliment à 18% de protéine est suffisant pour avoir un gain de poids optimal à 6^{ème} semaine d'âge. Aussi, le gain de poids régresse au fur avec l'âge des cailles. Le résultat se rapporte aux études fait par *GUILLAUME en 1970* qui affirme que 22% de protéine est suffisant durant la phase de croissance et peut se régesser jusqu'à 18% à 4 semaines ; leur poids est inférieur à la nôtre (110g à 6^{ème} semaine). Le poids vif des animaux est inférieur à ceux de *VALI et al. (2005)* qui est de l'ordre de 135,80g et de *RAZAFIMANDIMBY (2013)* qui a obtenu un poids vif de 222,11 ± 29,35g à 35^{ème} jour d'âge des animaux contre 130 ± 19g pour le lot Alt26. Aussi, le résultat est inférieur à celui de *HANTANIRINA et al. (2013)* qui a obtenu un poids vif de 296 ± 35.67g à 6 semaines d'âge contre 153 ± 20g pour le lot Alt26. Le lot Alt26 est choisi pour être comparé parmi les lots expérimentaux car il a la valeur de poids vifs la plus élevée.

MOHAMMED (2000) et de *BERRAMA (2011)*, ont trouvé dans leurs études un gain moyen quotidien semblable à notre étude qui est de l'ordre de 4g à 5 semaines contre 4,57g pour le lot Alt26. Mais *NGELE et al. (2011)* a obtenu un gain moyen quotidien de 2,50g à 5 semaines d'âge dans un essai avec du sorgho dans l'alimentation des cailles qui est inférieur à la nôtre. Par contre, le résultat est inférieur à celui de *HANTANIRINA et al. (2013)*, à la deuxième semaine ses cailles obtiennent un gain moyen quotidien de 9,26g et de même pour *SEZER et al. (2005)* qui a obtenu un gain moyen quotidien de 6g alors qu'on a 2,28g avec le lot Alt26. Mais à la 5^{ème} semaine d'âge, *HANTANIRINA et al. (2013)* n'a que 2,62g tandis que 4,57g pour le lot Alt26.

En somme, les cailles de cette présente étude ont une croissance un peu lente durant la phase de croissance. Mais, pendant la phase de finition, leurs gains de poids moyens sont supérieurs comparés avec ceux des autres études.

5.2. EFFICACITE ALIMENTAIRE

Durant la première semaine de la phase de croissance, l'indice de consommation de chaque lot est différent ; le lot Témoin est le plus efficace avec un indice de 1,84. Mais, aucune différence significative n'est observée à partir de la troisième semaine d'âge. Cette valeur est meilleure que celui de l'« Agrival » dans l'étude de *RAZAFIMANDIMBY en 2013* qui a dégagé un résultat de 2,43. Et,

celui de *VARKOOHI et al. (2011)* qui est 3,31. De même, l'utilisation d'oregano dans une ration de base fait par *SADI et al. (2007)* montre un indice de conversion de l'ordre de 2,28. Par contre, l'indice de consommation des lots expérimentaux est proche de celui de *SOARES et al. (2003)* qui est de 4,3 avec un régime à 18% de protéine durant la deuxième semaine d'âge.

Dès la 3^{ème} semaine d'âge, les lots expérimentaux et le lot Témoin ont un indice de consommation meilleur que celui de *RAZAFIMANDIMBY (2013)* qui est de 2,77. De même pour *VARKOOHI et al. (2011)* et *CANOGULLAC et al. (2009)* qui ont respectivement 3,5 et 2,7.

Par conséquent, l'aliment Témoin est plus efficace par rapport aux autres études citées ci-dessus. Mais, les lots expérimentaux sont moins efficaces que ces études citées durant la première semaine de la phase de croissance ; et, ils sont meilleurs que celui de *SOARES et al. (2003)* à partir de la troisième semaine d'âge.

5.3. APPETIBILITE DES ALIMENTS EN FONCTION DE LA QUALITE

La consommation d'aliment des lots expérimentaux et du lot Témoin est inférieure à celui de *RAZAFIMANDIMBY (2013)* avec un aliment commercial pour poulet de chair qui est de l'ordre de 27,73 g par jour à 5^{ème} semaine d'âge. De même pour *BENSALAH en 2016* qui a obtenu une valeur de 26,57g par jour avec un aliment à 23,05% de protéine.

Selon *FAO en 1965*, l'ingestion de nourriture et par là l'ingestion des nutriments dépend avant tout du taux énergétique de la ration. Plus ce taux est élevé, plus petite sera la quantité d'aliment consommé. L'animal cherche à priori à ingérer la quantité d'aliments lui permettant de couvrir ses besoins énergétiques. Durant la phase de croissance, les aliments expérimentaux referment 2900 Kcal d'énergie métabolisable. Cette valeur est exactement pareille à la recommandation de *l'INRA en 1984* d'où sa faible consommation.

La forme de présentation de l'aliment peut aussi jouer un rôle sur la consommation d'aliment. En effet, la présentation en farine favorise le tri des différentes particules alimentaires par les animaux. Ces derniers consomment les particules suffisamment grosses pour être saisies efficacement par le bec. La granulation, par son action de compactage, permet d'améliorer l'efficacité de la prise alimentaire par le bec (*NIR et al, 1993 ; QUENTIN et al, 2004* cité par *ANNE et al. en 2009*). Ce qui est vérifié par la différence d'appétibilité et engendre la diminution de gain de poids dans notre étude. Dans leur étude, *KPODEKON et al. en 2009* ont démontré l'effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical. Ils ont noté que l'aliment granulé a été plus consommé que l'aliment farineux. En outre, *VIAS en 1995* cité par *JAOVELO, 2007* ont constaté que lorsque l'aliment est granulé, le seuil

énergétique diminue par rapport à l'aliment en farine. L'aliment présenté sous forme de farine durant toute la conduite d'élevage révèle une dégradation de l'indice de consommation et une sous consommation alimentaire même s'il a une teneur énergétique élevée (ITAVI, 1980). L'abondance de refus s'explique en partie par cette présentation physique de l'aliment. Selon TREVIDY (2003), un aliment présenté sous forme de granulé permet un résultat plus satisfaisant par rapport aux autres formes physiques.

5.4. EFFET DE L'ALIMENT SUR LA MORTALITE

Des taux de mortalité importante s'observent sur les lots expérimentaux durant la phase de croissance et finition (s'élève jusqu'à 55,26% pour Alt24). Ces résultats paraissent très élevés par rapport à celui de RAZAFIMANDIMBY (2013) qui est à l'ordre de 2,5%. De même par rapport à celui de CENTRE SONGHAI (2005) qui a obtenu un taux de mortalité de 3%. Aussi, pour l'étude de BENSALAH (2016) qui a obtenu un taux de 5%. Le taux de mortalité élevé est dû à l'insuffisance de gain de poids des individus par rapport à la moyenne ; en plus, la mortalité est favorisée par l'insuffisance d'appétibilité. Pour conclure, le taux de mortalité observé au cours de cette expérimentation est distinctement supérieur à celui des autres recherches.

5.5. DISCUSSIONS SUR LES HYPOTHESES

En phase de croissance et finition, un taux de protéine à 22% est suffisant pour avoir un gain de poids optimal chez la population des cailles japonaises. Ce résultat est évoqué par l'étude, et, qui est aussi confirmé par GUILLAUME en 1970. Ce résultat engendre que le niveau de protéine affecte la croissance des cailles. A un niveau supérieur à 22%, aucune augmentation de gain de poids n'est observée. Par contre, l'excès de protéines dans la ration entraîne une diminution de la performance. Selon FRANCK (1978), le rapport : Calorie / protéine de la ration présente beaucoup d'intérêt dans l'alimentation des volailles. En fait, c'est surtout le taux énergétique qui influe les performances de l'animal. Ce rapport doit être compris entre 125 et 150 pour obtenir la performance optimale. En se référant à cette étude, les taux de protéine acceptés à une valeur énergétique de 2900 Kcal est celle comprise entre 20% et 24%.

L'appétibilité des aliments durant l'expérimentation est inférieure à ceux des autres études (RAZAFIMANDIMBY, 2013 ; BENSALAH, 2016). Par contre, le taux de mortalité est très important par rapport à ceux de RAZAFIMANDIMBY (2013) et le CENTRE SONGHAI (2005). Le taux de mortalité élevé est en corrélation avec l'insuffisance d'appétibilité due probablement par le mode de présentation. Ce qui est affirmé par KPODEKON et al. en 2009 que l'aliment farineux est moins consommé que les granulés. Ayant été aussi favorisé par ITAVI (1980), l'aliment présenté sous forme

de farine durant toute la conduite d'élevage révèle une dégradation de l'indice de consommation et une sous consommation alimentaire même si il a une teneur énergétique élevée. Cette étude a permis d'évoquer que la teneur en protéine de l'aliment n'a pas d'influence sur la résistance des cailles japonaise, mais le mode de présentation des aliments qui agit sur l'appétibilité et modifie la résistance.

5.6. RECOMMANDATIONS

L'alimentation est primordiale pour aboutir à une bonne performance des cailles japonaises. Plus, l'alimentation n'est de bonne qualité, les risques à considérer lors d'une expérimentation augmente. La non-conformité d'aliment entraine des troubles sur la croissance des animaux et pourrait aboutir à la mort de ces derniers.

Lors d'un essai de fabrication d'aliment, l'apport en protéine de l'aliment tient une grande place dans la formulation. Et, il peut varier selon la qualité des matières premières et le mode de fabrication de l'aliment. Par contre, le rapport Energie sur protéine doit être considéré pour aboutir à un bon succès. Ce rapport doit être compris entre 125 et 150. Durant cette recherche, le taux de protéine a été vérifié qu'à 22%, la croissance optimale est obtenue chez la caille japonaise. Mais l'énergie métabolisable apportée par tous les aliments expérimentaux ont été tous semblables. La question pourrait ainsi poser sur la performance de croissance en fixant le taux de protéine à 22% tout en variant l'énergie métabolisable de l'aliment.

Les lots expérimentaux ont atteint la fourchette de poids commercial de 100 à 200 g à 42^{ème} jours d'âge. Par contre, un taux de mortalité élevé a été observé. Ce dernier a été causé par le insuffisance d'appétibilité des animaux qui pourrait être dû au mode de présentation de l'aliment distribué. Pour y remédier, la reprise de l'essai est recommandée avec les mêmes aliments et les formules identiques mais en mode de présentation granulé.

6. CONCLUSION

La caille est classée parmi les animaux de rentes à cycle court. Elle peut atteindre son poids adulte à partir de la sixième semaine d'âge. La filière est très intéressante en raison de la qualité de sa chair et des vertus thérapeutiques de ses œufs. La phase de croissance est la plus importante pour atteindre le poids adulte. Actuellement, aucune concentrée d'aliment n'est commercialisée sur le marché à Madagascar, les coturniculteurs utilisent les alimentations des poulets pour nourrir leurs cheptels ; mais ils rencontrent souvent un problème de croissance. Cette étude a pu ainsi déterminer l'effet de l'apport protéique sur la croissance.

La vitesse de croissance évolue avec l'apport en protéine en tenant compte du rapport énergie sur matière azoté. L'augmentation du taux de protéine jusqu'à 22% dans la ration améliore la performance de croissance des cailles. Mais, un taux de protéine supérieur à 22% ne présente aucun effet significatif sur ce dernier. En effet, les cailles ayant reçu un aliment contenant au moins 22% de protéine ont obtenu un résultat de gain de poids et d'indice de consommation comparable à d'autres études. En plus, le taux de protéine dans l'aliment n'a aucun effet sur l'appétibilité. Celle-ci pourrait être associée au mode de présentation de l'aliment. Car, le mode de présentation des aliments durant l'expérimentation est de forme farineuse, et qui a diminué l'appétibilité de tous les animaux ; le mode de présentation d'aliment le plus apprécié des volailles est la forme granulée. Ensuite, l'insuffisance de gain de poids est un facteur majeur favorisant l'augmentation du taux de mortalité chez la population des cailles.

Bref, l'apport protéique dans la ration entraîne l'augmentation de la performance de croissance des cailles, mais à taux élevé jusqu'à 26%, il conduit à des résultats pareils à ceux nourrit avec un aliment à 22% de protéine. L'apport protéique idéal durant la phase de croissance et finition est 22% pour avoir un rendement de croissance maximal. A l'issue de cette étude, un problème d'appétibilité a été rencontré en vue de la mode de présentation farineux des aliments. De ce fait, la suggestion est de refaire l'expérience en transformant le mode de présentation des aliments en granulés et/ou analyser le taux d'énergie métabolisable nécessaire pour atteindre une croissance maximale.

7. BIBLIOGRAPHIE

BAER JANET, LANSFORD RUSTY et CHENG KIMBERLY. 2010. The Japanese quail: Japanese quail as a laboratory animal model. Laboratory animal medicine, Research Gate, Chapter22. 23p.

BARROS DOURADO L.R., FONSECA PASCOAL L.A., SAKOMURA N.K., PERAZZO COSTA F.G. et BIAGIOTTI D. 2011. Soybeans (Glycine max) and soybean products in poultry and swine nutrition. Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. Prof Dora Krezhova (Ed.), ISBN: 978-953-307-533-4, In Tech,

Available from: <http://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-ofsoybeanproducts/soybeans-glycine-max-and-soybean-products-in-poultry-and-swine-nutrition>.

BENSALAH A. 2016. Effets de quelques formules alimentaires sur les performances zootechniques et le profil biochimique de la caille japonaise. Mémoire de fin d'étude, Biochimie analytique et exploration fonctionnelles, Médecine vétérinaire, Université des Frères Mentouri Constantine. 231p.

BERRAMA Z., MEFTI H., KAIDI R., SOUAMES S. 2011. Caractérisation zootechnique et paramètres génétiques des performances de croissance de la caille japonaise *Coturnix japonica* élevée en Algérie, Livestock Research for Rural development. 16p.

BOURDON D., FEVRIER C., LECLERQ B., LESSIRE M. et PEREZ J.M. 1989. Les matières premières : troisième partie In Alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapin, volailles. 2^o édition. Institut National de Recherche Agronomique (INRA) Paris. 150-162.

BOURGEOIS-PICHAT J. 1951. La mesure de la mortalité infantile. Population, n 2. 18p.

BOX G.E. et COX D.R. 1964. An analysis of transformations. J. R. Stat. Soc. Ser. B Methodol. 211–252.

BRO E. et PONCE-BOUTIN F. 2004. Régime alimentaire des Phasianidés en plaine de grandes cultures et aménagement de leur habitat, Faune sauvage n°263. 5-13.

CANOGULLAC S., BAYLAN M., SAHINLER N., SAHIN A. 2009. Effects of propolis and pollen supplementation on growth performance and body components of Japanese quail (*CoturnixCoturnix Japonica*), Arch., GoTémoinügelk 73 (3), n°5. 173-178.

CENTRE SONGHAI. 2005. Elevage de cailles, Guide pratique (centre Songhai en collaboration avec African Development Fondation). 12p.

- CERESTA. 1991. Aide-mémoire pratique des techniques statistiques pour ingénieurs et techniciens supérieurs, 3ème édition, Paris, France. 285p.
- CONCEIÇÃO FARIA S., BASSINELLO P.Z. et CAMARGO PENTEADO, M.V. 2012. Nutritional composition of rice bran submitted to different stabilization procedures. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 48, n°4. 651-652.
- ERNST R.A. 1978. Raising and propagating Japanese quail. Division of agricultural sciences. University of California. 1-7.
- FAO. 1965. L'alimentation des volailles dans les pays tropicaux et subtropicaux. Rome. 88p.
- FRANCK Y. 1978. L'alimentation rationnelle des poulets de chair et des pondeuses, Edition ITAVI, Paris. France. 37p.
- FREITAS E.S. ET BACK A. 2013. New occurrence of avian encephalomyelitis in broiler – is this an emerging disease? *Brazilian Journal of Poultry Science* 17(3). 399-404.
- GUILLAUME J. et DANIELLE B. 1970. Du besoin azote de la caille domestique (*Coturnix coturnix japonica*). I. – Etude préliminaire du besoin de la caille en croissance. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 19 (1). 5 – 11.
- GYNIEYS A. 2003. Collection créer un atelier de volailles en bio. Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural Bio Gard. 31-45.
- HANTANIRINA H.I., RABEARIMISA R.N., RAKOTOZANDRINY J.N. 2013. Domestication de la caille à Madagascar : Cas de la caille japonaise « *Coturnix japonica* ». Université d'Antananarivo, ESSA, Département Elevage, B.P.175. 10p.
- HUART A. 2004. Les besoins du poulet de chair. Paris: MEP. 5 p.
- INRA. 1984. Alimentation des animaux monogastrique : porc, lapin, volailles. Institut National de la Recherche Agronomiques. 283p.
- ITAVI.1980. Alimentation rationnelle des poulets de chair et des pondeuses. Cahier technique de l'ITAVI, Paris. 5p.
- ITELV. 2012. Guide d'élevage de la caille, département monogastrique. 12p
- JACOB J. 2012. Antinutritional factors in feed ingredients, university of Kentucky In eXtension.org. Disponible sur: <http://articles.extension.org/pages/66921/antinutritional-factors-in-feed-ingredients>. Consulter le : 03/09/2018.

- JAOVELO F. 2007, Effet de la supplémentation en volihot sur les performances zootechniques de poulet de chair, en période de stress thermique. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, école inter-états des sciences et médecine vétérinaires, université cheikh de Dakar, Dakar. Afrique. 85p.
- KPODEKON M., YOUSAO A.K.I., KOUTINHOIN G.B., BABA I.L., DESSOU J.M., DJAGO Y. 2009, Effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical, Revue d'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux. 75-80.
- LAMBERT R. 1970. Notes on the breeding and behaviours of Japanese Quail, Avicultural Magazine, 76(5). 177-179.
- LARBIER M. et LECLERCQ B. 1992. Nutrition et alimentation des volailles. Institut national de la recherche agronomique. 274p.
- LEESON S. et SUMMERS J.D. 2005. Commercial Poultry Nutrition 3ed Broiler chickens' broilers breeders laying hens game birds pet birds turkeys ratites ducks geese. University of Guelph, Ontario, Canada. 11-85.
- MILLS A.D., CRAWFORD L.L., DOMJAN M. et FAURE J.M. 1997. The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*. Neuroscience and Biobehavioral Reviews 21 (3). 261-281.
- MOHAMMED A. 2000. Effect of dietary energy on some productive and physiological Traits in Japanese quail (*CoturnixCoturnix Japonica*), B. Sc., Agric. Sci. (Animal production), AL-AZharUniv. 176p.
- NAHASHON S.N. et KILONZO-NTHENGE A.K. 2011. Advances in soybean and soybean by-products in monogastric nutrition and health. Chapitre 7 In Soybean and nutrition book edited by Hany A. El-Shemy. 309-325.
- NANDA S., MALLIK B.K., PANDA P.K., NAYAK I., SAMAL S.K. ET DAS M. 2015. Effect of season on mortality of Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) in different age groups. International Research Journal of Biological Sciences 4 (7): 29-33.
- NEWKIRK R. 2010. Soybeen feed industry guide. Canadian International Grains Institute, 1st Ed. 6-11.
- NGELE M., EGBO M., JONATHAN J. 2011. Performance of Japanese quail (*CoturnixCoturnix Japonica*) Red varying levels of spents sorghum residue-based diets. Continental J. Animal and Veterinary Research 3 (1): 16 – 21.

- NIR I., NITSAN Z., MAHAGNA M. 1993. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler type chicks after hatching. Br. Poultry. Science, 34. 523-532.
- NRC. 1994. Subcommittee on poultry nutrition National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington. 176 p.
- PADMAKUMAR B., REGHUNANTHAN NAIR G., RAMAKRISHNAN A., UNNI A.K. et RAVINDRANATHAN N. 2000. Effect of floor density on production performance of Japanese quail reared in cages and deep litter. Journal of Veterinary and Animal Sciences 31. 37-39.
- PRABAKARAN R. 2003. Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia. FAO Animal Production And Health Paper 159. 71p.
- PRITIM ET SATISH S. 2014. Quail farming: An introduction. Research report. International Journal of Life Sciences 2 (2). 190-193.
- QUENTIN.M., BOUVAREL I., DENIS B., MICHEL P. 2004. Quel besoins du poulet de chair en acides aminés essentiels ?, une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratique de modélisation, INRA production animal, 17, 19-34.
- RAKOTONDRAHANTA S. 1993. Essai d'utilisation de *Sardinella gibbosa* dans l'alimentation des poules pondeuses. Mémoire de fin d'étude, département Elevage, ESSA Antananarivo. Madagascar. 62p.
- RANDALL M. et GERRY B. 2008. Raising Japanese quail. Primefact 602. Second edition. 5p.
- RAZAFIMANDIMBY N.R. 2013. Performances zootechniques des cailles japonaises à Madagascar : cas de la ferme caille de Mada. Mémoire de fin d'étude, département Elevage, ESSA Antananarivo. Madagascar. 90p.
- ROSHDY, KHALIL M., HANAFY H.A. et MADY. 2010. Productive and reproductive traits of Japanese Quail as affected by two housing system. Egyptien Poultry Science 30 (I). 55-67.
- ROSZAK D. 2010. L'œuf de caille : un trésor soupçonné, extrait de l'ouvrage : cette étonnante caille du Japon. Débuter un petit élevage familial. 3p.
- SADI C., BAYRAM I., AKKAYA B., UYRLAR C., SAHIN H., SENGOR E. 2007. Utilisation of Oregano (*Origanum monitum*) in laying quails (*Coturnix Coturnix Japonica*): the effects oregano on performance carcass yield, liver and some blood parameters, ArchivaZootechnivavol 10. 57-65.
- SAUVANT D., PEREZ J.M., TRAN G. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. 2nd revised and corrected edition © INRA 2004, ISBN 2-7380-1158-6. 305p.

- SCHMID I. et WECHSLER B. 1997. Behaviour of Japanese quail (*Coturnix japonica*) kept in semi-natural aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 55. 103-112.
- SHANAWAY M. 1994. Quail production systems. A review. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. 147p.
- SIGH NP. 2010 Quail production and management technology. Extension Folder n°40. 3p.
- SOARES R., FONSECA J.B., SANTOS A.S., MERCANDANTE M.B. 2003. Protein Requirement of Japanese quail (*CoturnixCoturnix Japonica*) during rearing and laying periods, *Brazilian Journal of Poultry Science* v5/ n°2. 153-156.
- STEIN H.H., BERGER L.L., DRACKLEY J.K., FAHEY G.F., HERNOT D.C. et PARSONS C.M. 2008. Ch 18 Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. University of Illinois, Urbana. 616-621.
- TREVIDY J. J. 2003. La conduite de l'alimentation du poulet de chair, Edition Globaledit – Afrique agriculture, Mai 2003, 20-23.
- TSIVINGAINA A. 2005. Utilisation de la spiruline en alimentation des poulets de chair. Mémoire de fin d'études, Département Elevage, ESSA Antananarivo. Madagascar. 109p.
- VALI N., EDRISS A., RAHMANI M. 2005. Genetic parameters of body and some carcass Traits in two quails Strains. *International Journal Science* 4(5). 296-300.
- VARKOOHI S., PAKDEL A., MORAI M., NEJATI A., KAUSE A., ZAGHARI M. 2011. Genetic parameters for feed utilization traits in Japanese quail, *Poultry Science* 90. 42-47.
- VESSEREAU A. 1988. Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 2ème édition, Paris, France. 536 p.

8. WEBOGRAPHIE

www.urgasat.com, Aout 2018

www.lavoixdupaysan.org, Aout 2018

www.animaldiversity.unmz.unich.edu, Aout 2018

9. ANNEXES

Annexe 1: Classification de *Coturnix japonica*

Règne :	Animalia
Embranchement :	Chordata
Classe :	Aves
Ordre :	Galliformes
Famille :	Phasianidae
Genre :	Coturnix
Nom binomial :	<i>Coturnix japonica</i>

Annexe 2: Morphologie

Les cailles japonaises possèdent quatre plumages différents à savoir les individus de couleur brun foncé, gris, blanc et jaune, avec des marbrures chamois brunes plus légères. Le tronc est oviforme avec une queue assez courte. Sa tête est de grandeur moyenne, bien arrondie, suit la ligne du dos sans interruption. Elle est plus large que chez le coq avec un bec court, fort, un peu courbé mais pointu, les mandibules se referment bien et de couleur différente selon la variété.

Les yeux se situent à peu près au centre de la tête. Ils sont ronds, de couleur variés et une bande blanchâtre se dessine au-dessus de l'œil du côté de la tête. Leur cou est court, large et compact vers le bas. Le dos est large, mi-long, arrondi et s'étendant vers la queue tandis que la poitrine est pleine, assez large et ronde. Le ventre est large, rond, moyen, symétrique avec la ligne du dos avec des ailes assez courtes et bien serrées au corps. Leurs flancs sont de moyenne largeur non recouverts par les ailes. La queue est petite, courte, lâche, portée un peu étalée, sans rectrices. Les pattes sont assez courtes, libres, fortes avec des doigts bien séparés, de couleur gris-orangé à gris rosâtre comme le bec. Le doigt médian est plus long de 1 cm par rapport aux deux autres tandis que le doigt arrière est court. Les ongles sont courts, courbé et de couleur différente selon la variété.

Les jeunes oiseaux commencent à chanter à l'âge de 5 à 6 semaines. Ce chant peut être aussi utilisé pour la détermination du sexe, mais avec un degré moins important de précision. Les femelles sifflent et les mâles cacabent.

Les mâles ont une glande au niveau du cloaque qui sécrète une substance blanche mousseuse lorsque le mâle est sexuellement actif. La taille de cette glande peut être utilisée comme un indicateur externe de la fonction testiculaire chez les oiseaux. L'observation de mousse suite à la pression manuelle douce de la glande cloacale est également utile pour différencier les mâles des femelles des souches ayant un plumage autre que de type sauvage.

Annexe 3 : Fiche de recensement et distribution des aliments

Date	Lot	Effectif	Mort	Aliment distribué	Aliment refusé
	Alt26				
	Alt24				
	Alt22				
	Alt20				
	Alt18				
	Témoin				
	Alt26				
	Alt24				
	Alt22				
	Alt20				
	Alt18				
	Témoin				
	Alt26				
	Alt24				
	Alt22				
	Alt20				
	Alt18				
	Témoin				
	Alt26				
	Alt24				
	Alt22				
	Alt20				
	Alt18				
	Témoin				

