

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research



معهد العلوم البيطرية
Institute of Veterinary
Sciences

جامعة البليدة 1
University Blida-1



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Utilisation des probiotiques en élevage
cailles**

Présenté par

MABED Manessa

Soutenu le : **23/06/2024**

Présenté devant le jury :

Président :	Dr. CHERGUI N.	MCA	ISV/Blida 1
Examineur :	Dr. AOURAGH H.	MAA	ISV/Blida 1
Promoteur :	Dr. SAIDJ D.	MCA	ISV/Blida 1

Année universitaire **2023/2024**

Remerciements

Tout d'abord, ma gratitude s'élève vers Dieu, le Tout-Puissant, clément et miséricordieux, pour les dons précieux de santé, de patience, de volonté et de courage qu'il m'a accordés.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance aux membres du jury : à la présidente, Dr. Chergui, et à l'examinatrice, Dr. Aouragh. Du fond du cœur, je vous remercie pour le temps consacré, votre attention soutenue et vos commentaires éclairés. Votre évaluation rigoureuse et vos conseils avisés ont grandement contribué à enrichir et à parfaire mon travail.

Un remerciement tout particulier va au Dr. Saidj.D, qui a accepté de m'encadrer et de m'initier au monde de la recherche avec une patience et une gentillesse sans égales. Je lui suis reconnaissante pour son soutien tant matériel que moral, et pour son expertise professionnelle qui incarne la rigueur et l'intégrité. Madame, veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de ma plus haute considération, de ma sincère reconnaissance et de mon admiration profonde pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

Je suis également infiniment reconnaissante envers tous mes enseignants qui m'ont accompagnée durant ces cinq merveilleuses années au sein de l'institut. Leur aide, leurs conseils et leur soutien ont été essentiels à mon parcours.

À tous les travailleurs de l'Institut des Sciences Vétérinaire Blida 1, merci pour votre dévouement et votre engagement qui contribuent chaque jour au succès de notre communauté.

À tous les animaux que j'ai rencontrés et soignés,

Chaque rencontre avec vous a été un chapitre précieux de mon parcours, une page remplie d'apprentissages et d'émotions partagées. Vous avez enrichi ma vie, agrandi mon cœur et aiguisé ma compassion. Cette dédicace est un hommage à votre résilience, à votre confiance et à l'amour inconditionnel que vous dispensez sans compter.

Je souhaite contribuer à un monde où la compassion et le respect des animaux sont des valeurs universelles, essentielles à la construction d'une société plus juste et empathique

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur pierre à l'édifice de ce projet. Votre aide a été un pilier de cette réalisation.

Dédicaces

À ma mère, cet ange dont l'amour infini a été mon refuge dans chaque tempête. Pour chaque mot de réconfort, chaque sourire rassurant, merci du fond du cœur.

À mon père, mon guide, mon pilier inflexible. Merci de m'avoir appris la résilience, de m'avoir soutenu sans faillir et de m'avoir accompagné jusqu'à ce bout de chemin, avec une foi irréductible en mes rêves.

À mes deux frères, compagnons précieux de cette odyssée, merci de m'avoir toujours entouré de votre amour fraternel et de votre soutien indéfectible.

À l'ensemble de ma famille paternelle et maternelle, dont l'amour et le soutien sans condition sont les fondations sur lesquelles je me suis bâtie.

À mes inséparables copines : Farah, Malek, Hakima, Wafa, Maysoun, Ines, Kaïssa, Sarah, Sophia, Chachou et Nihad - chacune de vous a tissé des fils d'or dans la toile de ma vie. Merci pour chaque éclat de rire, chaque mot d'encouragement et chaque instant partagé.

Un remerciement tout particulier à Houda, Mounir, Islam, Youcef et surtout à Ryan, pour votre aide précieuse qui a grandement contribué à ce travail.

Je tiens aussi à remercier toute la famille Ibn EL Baytar pour toutes les belles opportunités offertes et tous les beaux souvenirs qu'on a pu partager

Enfin, à tous mes camarades de ces cinq années formidables, vous avez rendu chaque journée mémorable. Nous avons partagé des défis, des succès, et surtout, une belle aventure humaine.

Je suis profondément honoré de pouvoir témoigner, à travers cette dédicace, ma gratitude éternelle envers chacun de vous. Votre influence bienveillante a été le catalyseur de ma transformation, m'aidant à devenir une personne meilleure. Je vous adresse tout mon amour ainsi que ma reconnaissance infinie."

Manessa


Résumé :

Les probiotiques, en tant que suppléments alimentaires contenant des micro-organismes bénéfiques, ont suscité un intérêt croissant dans le domaine de l'élevage avicole grâce à leur impact positif sur les performances zootechniques, telles que la croissance, la conversion alimentaire, mais aussi sur la santé des animaux.

Cette étude vise à incorporer des probiotiques dans l'alimentation d'un élevage cailles. Au total, 162 cailles d'un jour d'âge (*Coturnix coturnix*), pesant $8,6 \pm 0,19$ g, ont été réparties au hasard en deux groupes. Le groupe témoin a reçu un régime de base contenant 0 % de probiotiques (T) et l'autre groupe (P) a reçu une supplémentation en probiotiques lactobacille à 0,2% dans le régime de base. Le poids vif et la consommation alimentaire hebdomadaire ont été enregistrés, ainsi que les mortalités. Le suivi de l'élevage a duré quarante jours.

Les résultats ont montré que les cailles recevant des probiotiques dans leur ration ont enregistré de meilleures performances zootechniques (gain moyen quotidien, poids vif moyen et indice de conversion alimentaire) par rapport au groupe témoin. Le poids vif à l'âge de quarante jours est de $204,04 \pm 23,44$ g pour les cailles du groupe T et de $217,4 \pm 22,0$ g pour celles du groupe P, ce qui correspond à une augmentation de 5,99% avec une consommation alimentaire quotidienne et totale similaire. Les taux de mortalité étaient semblables dans les deux groupes tout au long de la période du suivi, avec un taux élevé sur au cours des premiers jours de mise en place et ce, quel que soit le groupe.

La présente étude a démontré que l'incorporation de probiotiques dans l'alimentation des cailles avait un effet positif sur les performances de croissance et pourrait être l'une des méthodes à adopter pour maximiser la production en 'élevage de cailles chair.

Mots clés : caille chair, probiotique, croissance, ingéré alimentaire, performances

ملخص

البروبيوتيك، كمكملات غذائية تحتوي على ميكروبات مفيدة، أثارت اهتمامًا متزايدًا في مجال تربية الدواجن بسبب تأثيرها الإيجابي على الأداء الحيوي، مثل النمو وكفاءة تحويل العلف، بالإضافة إلى صحة الحيوانات.

تهدف هذه الدراسة إلى إضافة البروبيوتيك إلى تغذية دواجن السمان.

تم توزيع مجموعة من 162 دجاجة سمان في يومها الأول بوزن 0.19 ± 8.6 جرام بشكل عشوائي على مجموعتين حيث تلقت المجموعة الشاهدة نظامًا غذائيًا أساسيًا يحتوي على 0% من البروبيوتيك، بينما تلقت المجموعة الأخرى مكملات بالبروبيوتيك في النظام الغذائي الأساسي. تم تسجيل الوزن الحي واستهلاك العلف أسبوعيًا، بالإضافة إلى الوفيات، وتم حساب مؤشر الاستهلاك واستمرت المتابعة لمدة أربعين يومًا.

أظهرت النتائج أن الدواجن التي تلقت البروبيوتيك في تغذيتها أداءً حيويًا أفضل (معدل الزيادة اليومي، الوزن الحي المتوسط، ومؤشر تحويل العلف) مقارنة بالمجموعة الشاهدة. وكان الوزن الحي عند عمر أربعين يومًا هو 23.44 ± 204.04 جرام لدى دجاج السمان في المجموعة T و 22.0 ± 217.4 جرام لدى تلك في المجموعة P مما يعادل زيادة بنسبة 5.99% مع استهلاك يومي وإجمالي للعلف متشابه، وكانت معدلات الوفيات متشابهة في المجموعتين خلال فترة المتابعة، مع معدل مرتفع في الأيام الأولى من الاستقرار.

باختصار، أظهرت هذه الدراسة أن إضافة البروبيوتيك إلى تغذية دجاج السمان له تأثير إيجابي على الأداء الحيوي ويمكن أن تكون واحدة من الطرق لتعظيم إنتاج تربية دواجن السمان.

كلمات مفتاحية: سمان، لحم، بروبيوتيك، نمو، استهلاك غذائي، أداء

Abstract:

Probiotics, as dietary supplements containing beneficial microorganisms, have sparked increasing interest in the poultry farming sector due to its positive impact on zootechnical performances, such as growth, feed conversion, and animal health. This study aims to incorporate probiotics into the diet of quail farming. A total of 162 one-day-old quails (*Coturnix coturnix*), weighing 8.6 ± 0.19 g, were randomly divided into two groups. The control group received a base diet containing 0% probiotics (T), while the other group (P) received probiotic with 0.2% lactobacillus probiotics supplementation in the base diet. Live weight and weekly feed intake were recorded, as well as mortalities. The follow-up period lasted forty days.

The results showed that quails receiving probiotics in their diet exhibited better zootechnical performances (average daily gain, average live weight, and feed conversion ratio) compared to the control group. The live weight at forty days of age was 204.04 ± 23.44 g for quails in group T and 217.4 ± 22.0 g for those in group P with similar daily and total feed consumption. This corresponds to an increase of 5.99% with similar daily and total food consumption. Mortality rates were similar in both groups throughout the monitoring period, with a high rate during the initial days of establishment.

this study demonstrated that incorporating probiotics into the quail diet had a positive effect on growth performances and that could be one of the methods to maximize production in quail meat farming.

Keywords: quail meat, probiotic, growth, feed intake, performances.

Sommaire

Résumé :	
ملخص.....	
Abstract:	
INTRODUCTION GENERALE	
Introduction générale :	1
CHAPITRE I : Elevage de la caille	
1. Généralités sur la caille	2
1.1 Historique et origine	2
1.2 Classification Taxonomique.....	3
1.3 Principales espèces de la caille :	3
1.3.1 Caille commune :	4
1.3.2 Caille de chine :	4
1.3.3 Caille japonaise :	4
1.3.4 Comparaison entre les espèces :	5
1.4 Rappel anatomique du tube digestif de la caille :	5
1.4.1 Le bec :	5
1.4.2 L'œsophage et le jabot :	6
1.4.3 L'estomac :	6
1.4.4 L'intestin grêle :	6
1.4.5 Le gros intestin :	6
1.4.6 Les caeca :	6
1.4.7 Le cloaque :	7
1.4.8 Les glandes annexes :	7
1.4.8.1 Le pancréas :	7
1.4.8.2 Le Foie :	7
2. Technique et conditions d'élevage :	7
2.1 Bâtiment d'élevage :	7
2.2 Type d'élevage :	8
2.2.1 Au sol :	8
2.2.2 En cage :	8
2.3 Conditions d'ambiance :	9
2.3.1 La température physiologique :	9
2.3.2 La lumière physiologique :	9
2.3.3 L'humidité :	10
2.3.4 La ventilation :	10
CHAPITRE II : Alimentation de la caille	11

1.	Restriction alimentaire :	12
2.	Source d'énergie :	12
2.1	Le blé tendre :	12
2.2	Le maïs :	12
2.3	L'orge :	13
2.4	Le sorgho :	13
2.5	Le seigle :	13
2.6	L'avoine :	13
3	Sources de protéines :	14
3.1	La féverole :	14
3.2	Le lupin doux :	14
3.3	Les graines de colza :	15
3.4	Les graines de soja :	15
3.5	Le tourteau de soja :	15
3.6	Le tourteau de colza :	16
4	Les compléments alimentaires :	16
4.1	Probiotique :	16
4.2	Probiotiques et CMV :	18
5	Besoins nutritionnels de la caille :	19
CHAPITRE III : Effets des probiotiques aviaires.....		
1.	Introduction :	24
2.	Mode d'action des probiotiques :	24
3.	Principaux microorganismes à effet probiotiques :	25
4.	Utilisation des probiotiques :	26
5.	Effets des probiotiques :	26
5.1	La muqueuse intestinale :	26
5.2	Le système immunitaire :	27
5.3	Qualité de la viande :	27
6.	Critères de sélection des probiotiques :	27
Partie Expérimentale.....		
Objectif :.....		
1.	Matériels et méthodes :	29
1.1.	Matériels.....	29
1.1.1	Conduite et conditions d'élevage :	29
1.1.2	Alimentation :	30
1.2	Méthodes.....	31
2	Paramètres étudiés :	31

2.1.1	Poids vif :	31
2.1.2	Ingéré quotidien :	32
2.1.3	Mortalités :	32
2.1.4	Analyse des données :	32
3.	Résultats et discussion :	33
3.1	Résultats :	33
3.1.1	Poids moyen :	33
3.1.2	Gain moyen quotidien :	34
2.1.3	Ingéré alimentaire :	34
2.1.4	Mortalités :	35
4.	Discussion :	36
	Conclusion et perspectives :	42
	Liste des références bibliographiques	43

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

L'élevage des cailles, malgré sa simplicité relative, son faible besoin d'espace et de ressources financières ainsi que la demande croissante qui lui est associée, reste une activité marginale compte tenu de son potentiel sous-exploité (1). Ces dernières années ont pourtant vu un essor significatif de cette pratique, contribuant à la diversité des produits avicoles disponibles (2).

Les cailles jouent un rôle crucial dans la production de viande et d'œufs, grâce à leur croissance rapide, leur maturité sexuelle précoce (commençant à pondre à 6-8 semaines), leur haut rendement en œufs (180 à 300 par an) et leur courte période d'incubation (3).

L'alimentation des animaux influence directement leurs performances et leur santé, donc la qualité de leurs produits. Les aliments pour animaux représentent ainsi le principal poste de dépenses de l'élevage, avec environ 60 à 70 % des coûts (4). Pour répondre à la demande croissante en produits avicoles, les éleveurs ont commencé à utiliser des doses minimales d'antibiotiques pour réduire les risques liés aux agents pathogènes intestinaux, améliorer l'efficacité alimentaire et favoriser la prise de poids (5.) Après l'interdiction des antibiotiques promoteurs de croissance, il est devenu essentiel de trouver des alternatives efficaces pour soutenir la santé et les performances des animaux (6).

Les probiotiques sont largement considérés comme une alternative aux antibiotiques, car ils favorisent la croissance des bactéries bénéfiques et améliorent la santé intestinale des animaux (7). Parmi les probiotiques reconnus, les lactobacilles sont les plus utilisés dans l'alimentation animale en raison de leur innocuité, de leur présence naturelle dans l'intestin et de leurs effets positifs démontrés sur la santé animale (8). Dans la nutrition des poulets de chair, les espèces probiotiques appartenant à *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Aspergillus*, *Candida* et *Saccharomyces* ont eu un effet bénéfique sur les performances des poulets de chair (7).

Ce travail vise à évaluer l'efficacité des probiotiques dans l'amélioration des performances zootechniques, de la santé et de la productivité des cailles chairs élevées en conditions locales.

CHAPITRE I : Elevage de la caille

1. Généralités sur la caille

La caille, appartenant à l'ordre des Galliformes et à la famille des Phasianidés, est le plus petit membre de cette classification. Dans le monde, on dénombre 40 espèces de cailles, réparties en deux catégories distinctes : la caille domestique et la caille sauvage. Parmi elles, seule la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) est sujette à la domestication et à l'élevage à l'échelle mondiale, principalement en vue de la production de viande et d'œufs (9).

La Chine occupe une position de premier plan en tant que plus grand producteur mondial de viande de caille, avec un effectif d'environ 80 millions d'oiseaux spécifiquement élevés à cette fin, générant une production annuelle estimée entre 146 000 et 190 000 tonnes. Ensuite, l'Espagne vient en deuxième position avec une production de 3 900 tonnes. En 2006, la France a produit environ 75 millions de cailles, avec une répartition de cette production sur diverses régions du pays, dont environ un tiers provient de la région des Pays de la Loire. L'Italie, pour sa part, affiche une production annuelle de 3 300 à 3 600 tonnes. Le Brésil, leader mondial de la production de viande de poulet, a également produit 1 200 tonnes de cailles en 2007, avec une croissance annuelle estimée à 10 %. En Algérie, la coturniculture, c'est-à-dire l'élevage de cailles, constitue une activité relativement récente. Au cours des dernières années, cette pratique s'est développée, principalement dans certaines régions du pays, notamment à Oran et en Kabylie. Cette expansion est en partie attribuable à une demande croissante de ce type de viande, notamment de la part de la clientèle fréquentant les grands hôtels et restaurants (9).

À Oran, la chair de caille est désormais intégrée aux plats préparés par les Oranais, qui sont habitués à la consommation de produits carnés tels que le poulet. La consommation de cette variété de viande est particulièrement répandue pendant la saison estivale (10).

1.1 Historique et origine

Les cailles ont été élevées dès l'Antiquité, avec la plus ancienne représentation connue se trouvant dans les hiéroglyphes égyptiens datant de 2000 avant JC où elles symbolisent la lettre "W" de l'alphabet (11). Leur viande est reconnue depuis des siècles, et des références à leur utilisation comme source de nourriture remontent à plusieurs siècles, comme l'indiquent (11).

La caille japonaise, originaire de Chine (12), a été domestiquée avec une histoire partagée entre la Chine et le Japon, étant introduite au Japon au 11^{ème} siècle. À l'origine, cette domestication visait des fins décoratives et la sélection d'oiseaux aux chants mélodieux. L'utilisation de la caille japonaise pour sa viande et ses œufs n'a été pratiquée qu'en 1910, et l'industrie japonaise de l'élevage de cailles était déjà bien développée dans les années 1940, avec une production importante (12).

Ce n'est que dans les années 1995 que la caille domestique a été introduite en Europe, progressivement se répandant dans d'autres régions du monde. On estime que son introduction en Afrique subsaharienne a été très discrète, probablement à partir des années 1980, avec des missionnaires chrétiens importants de petits groupes de cailles, comme rapporté par "La Voix du Pays", un mensuel d'information, de formation et de débat sur le monde rural au Cameroun (12).

1.2 Classification Taxonomique

La classification taxonomique de la caille (*Coturnix sp*) est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 1 : Classification taxonomique de la caille (13).

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Aves
Ordre	Galliformes
S/Ordre	Gallinacés
Famille	Phasianidea
S/Famille	Perdicinae
Genre	<i>Coturnix sp</i>

Ce n'est qu'en 1990 que les chercheurs ont officiellement classifié la caille japonaise comme une espèce distincte, aujourd'hui désignée sous le nom de *Coturnix japonica* (13).

1.3 Principales espèces de la caille :

Le genre *Coturnix* comprend plusieurs espèces, qui peuvent être classées en trois principaux groupes en fonction de leur provenance, comme le décrit Menasse en 1986 (14).

1.3.1 Caille commune :

La caille des blés, également connue sous le nom de caille commune (*Coturnix coturnix*), est la forme sauvage de cette espèce. Elle est protégée et largement répandue en Europe, dans de vastes régions d'Asie du Nord et en Afrique du Nord. Lorsque les températures froides approchent, cette caille migre vers l'Afrique centrale, l'Afrique méridionale et l'Asie méridionale. Elle préfère les habitats ouverts tels que les champs, les prés et les friches. Mesurant entre 16 et 18 centimètres et pesant de 70 à 135 grammes. Cette espèce est protégée et elle migre entre l'Europe et l'Afrique (1). Elle est difficile à domestiquer en raison de ses habitudes migratoires. Elle produit en moyenne de 8 à 18 œufs par saison de ponte (15).

1.3.2 Caille de chine :

La caille de Chine, également connue sous le nom de caille naine de Chine (*Excalfatoria chinensis*), est une espèce de galliforme de petite taille répandue en Chine du Sud-Est, en Inde et dans d'autres régions d'Asie orientale (16). Elle est particulièrement prisée pour sa facilité d'élevage, car elle a un comportement social harmonieux avec ses congénères et ne perturbe pas les autres espèces aviaires. Mesurant seulement entre 12 et 14 centimètres et pesant environ 40 grammes, elle est principalement élevée à des fins décoratives. Les mâles de la caille de Chine arborent un motif distinctif en noir et blanc sur la gorge, tandis que les femelles présentent un plumage strié de couleur brun et blé. Cette espèce offre également plusieurs variétés de couleurs, notamment fauve, blanc, argenté, brun et noir (1).

1.3.3 Caille japonaise :

La caille japonaise (*Coturnix japonica*) a été domestiquée il y a plus de sept siècles au Japon et est aujourd'hui l'espèce prédominante élevée pour sa production d'œufs et de viande. Son plumage est caractérisé par des taches grises et brunâtres. Les femelles, légèrement plus grandes que les mâles, présentent une gorge claire tachetée de noir, tandis que les mâles ont une gorge plus foncée, de couleur brun caramel. La caille du Japon peut produire jusqu'à 300 œufs par an et peut atteindre un poids de plus de 300 grammes, bien que la plupart d'entre elles pèsent environ 180 grammes à l'âge de 50 jours. Diverses variétés de couleurs ont également été obtenues, notamment l'albinos, le blanc, l'isabelle, l'argenté, le brun et le panaché (16).

Les nouvelles souches de *Coturnix coturnix japonica Jumbo* se distinguent par leurs performances zootechniques considérablement améliorées (1). Présente depuis l'Antiquité dans divers pays, dont la France, l'Italie, l'Espagne, le Japon, Taïwan, les Philippines et l'Afrique, cette espèce fréquente les plaines et les clairières. Elle est renommée pour la qualité de sa chair et la saveur de ses œufs, ainsi que pour sa ponte précoce et abondante (15).

Elle atteint la maturité sexuelle dès l'âge de 42 jours, caractérisée par une forte prolificité, une croissance rapide, et une grande résistance aux conditions environnementales (15).

1.3.4 Comparaison entre les espèces :

On peut différencier la caille sauvage de et la caille domestique par la conformation et le plumage. Chez le mâle, la couleur du cou et de la gorge est beaucoup plus soutenue chez la race domestique que chez son homologue sauvage ; alors que chez les femelles, les plumes de la même région sont lancéolées et tachetées de formes arrondies de couleur pâle chez la forme sauvage (17).

La plus grande différence entre ces deux espèces se développe au cours du processus de domestication, les cailles sauvages sont dans la nature des oiseaux nocturnes .En plus, elles ont une reproduction saisonnière et copulent généralement entre mai et octobre de chaque année ; tandis que les cailles domestiques s'accouplent durant toute l'année. La faible fréquence de l'accouplement chez la caille sauvage provoque un faible taux de fécondité et d'éclosion (18). Bien qu'un large éventail de mutants de couleurs de plumage existe, le plumage du type sauvage a été bien conservé par la caille domestique (19).

1.4 Rappel anatomique du tube digestif de la caille :

Le développement adéquat de l'appareil digestif est crucial pour garantir des processus optimaux tels que la digestion, l'absorption des éléments nutritifs, le rendement énergétique et la croissance optimale (20). L'appareil digestif se compose d'un ensemble d'organes responsables de la préhension, du transport, de la digestion et de l'excrétion des aliments en vue de leur assimilation. Selon Arpenta en 1996 (21), le tube digestif des cailles, comme chez toutes les espèces aviaires, est composé du bec, du gosier, de l'œsophage, du jabot lorsque présent, des estomacs à fonctions sécrétoire et musculaire, de l'intestin se déversant dans le cloaque, puis de l'anus. Il inclut bien entendu toutes les glandes annexes telles que les glandes salivaires, le foie et le pancréas (22).

1.4.1 Le bec :

Le processus digestif débute avec le bec qui permet la préhension de l'aliment et une première fragmentation sommaire (23,24).

Il se compose de deux parties distinctes : dorsalement la maxille ou mandibule supérieure, et ventralement la mandibule ou mandibule inférieure (25).

L'aliment ingéré ne subit pas de processus de mastication, mais il est adéquatement lubrifié par le suc salivaire, ce qui facilite son passage dans l'œsophage (26).

1.4.2 L'œsophage et le jabot :

L'œsophage est un organe musculo-muqueux tubuliforme à paroi mince qui s'étend du pharynx au gésier et est situé en arrière de la trachée (25,27). Il se compose de trois parties distinctes : une portion thoracique associée au jabot, et une portion cervicale considérablement plus volumineuse que la portion thoracique (27). Le jabot est une dilatation de l'œsophage située entre les clavicules, servant de réservoir pour stocker la nourriture, ce qui permet une digestion continue tout en espaçant les prises alimentaires (27,24).

1.4.3 L'estomac :

Le système gastrique de la caille est composé de deux parties distinctes (27) : le proventricule, également appelé estomac sécrétoire, qui génère de l'acide chlorhydrique et des enzymes pour la digestion des composants alimentaires (28,24) et le gésier, ou estomac musculaire, qui broie les aliments grâce à la force musculaire qui agit comme une meule (28).

1.4.4 L'intestin grêle :

Il débute à la sortie du gésier et se termine dans le côlon, également connu sous le nom de gros intestin (28,29). Généralement, il est divisé en trois segments sans distinctions structurelles évidentes : le duodénum, le jéjunum et l'iléon (27). Sous l'influence du suc gastrique, du suc pancréatique et des sels biliaires, il assure la digestion chimique et l'absorption des nutriments (24).

1.4.5 Le gros intestin :

À la différence des mammifères, Le gros intestin de la caille est de dimension réduite. Dans le cas de la caille, il n'existe pas de distinction visuelle entre les divers segments tels que le côlon et le rectum (21). Il prend son origine dans l'iléon et s'achève au niveau du cloaque. (27, 28). Il assume une fonction essentielle dans la réabsorption de l'eau (24).

1.4.6 Les caeca :

Les caecums, ou caeca, se présentent sous forme de deux poches aveugles reliées en une configuration digitale à la jonction de l'iléon et du côlon. Ils forment ainsi deux structures symétriques qui peuvent être perçues comme une simple extension latérale de l'intestin (28) (27, 29). Chez la caille, ils se distinguent par leur taille et leur longueur considérables par rapport à d'autres gallinacés tels que le pigeon (27).

1.4.7 Le cloaque :

Le cloaque représente la portion finale de l'intestin où convergent les voies digestives, urinaires et génitales. D'un point de vue physiologique, il est subdivisé en trois compartiments distincts, délimités par deux plis transversaux plus ou moins marqués : le coprodeum, l'urodeum et le proctodeum. (25, 23).

1.4.8 Les glandes annexes :

1.4.8.1 Le pancréas :

Le pancréas est une glande amphibie, compacte, présentant une teinte blanche ou rougeâtre (25). Il est composé de trois lobes (dorsal, ventral et rate), chacun possédant son propre canal pancréatique efférent, qui débouche dans le duodénum (23). Cette glande permet la sécrétion d'enzymes essentielles à la production du suc pancréatique, ainsi que de bicarbonate, qui a pour fonction de neutraliser l'acidité du mélange alimentaire provenant des ventricules. Ce processus crée un environnement propice à l'activation des enzymes digestives (24).

1.4.8.2 Le Foie :

Le foie, organe volumineux et bilobé imposant de teinte rouge sombre, est situé entre les côtés du cœur et du gésier. Il constitue la glande la plus volumineuse parmi tous les viscères. Le foie se compose de deux lobes connectés par un isthme transversal qui renferme en partie la veine cave caudale (25). Le canal du lobe droit se renfle d'abord en une vésicule biliaire avant de se jeter dans le duodénum (canal cholédoque) (25, 30). Il produit de la bile, nécessaire à la digestion des graisses, qui est ensuite emmagasinée dans la vésicule biliaire avant d'être utilisée dans le processus de digestion (24).

2. Technique et conditions d'élevage :

2.1 Bâtiment d'élevage :

Les cailles sont des oiseaux robustes, relativement tolérants aux températures basses, mais elles préfèrent un environnement sec (1).

Il est difficile de les faire cohabiter avec d'autres espèces de volailles, car il existe un risque élevé que les poules les attaquent. Il est recommandé d'utiliser un grillage avec des mailles plus fines que celui généralement utilisé pour les poules, et il doit également recouvrir le dessus de l'enclos. Enfin, pour des raisons de biosécurité et de prévention des maladies, il est déconseillé de mélanger différentes espèces (1).

Ainsi l'absence de peur est d'ailleurs l'une des libertés fondamentales de l'animal d'élevage énoncées par le Farm Animal Welfare Council britannique depuis plusieurs décennies. Le bâtiment d'élevage doit être bien isolé et bien ventilé. La caille est un oiseau peu exigeant qui s'adapte rapidement à son environnement (15).

2.2 Type d'élevage :

2.2.1 Au sol :

Les cailles peuvent être élevées au sol dans un logement amélioré, d'une hauteur minimale de 2 mètres, pourvu d'une ventilation adéquate et équipé d'une porte large et solide, facilitant ainsi le nettoyage tout en évitant les évasions. Ce logement peut être construit en banco ou en ciment et recouvert de paille ou de tôle, en fonction des moyens et des matériaux disponibles pour l'éleveur. Il est possible d'élever les cailles avec ou sans litière, en utilisant entre 5 et 10 centimètres de copeaux de bois, de tourbe ou de sciure (1).

Un logement de dimensions 2 mètres sur 1 mètre sur 2 mètres peut accueillir 160 sujets pendant la phase de démarrage jusqu'à 4 semaines, ou 80 sujets adultes (de préférence en divisant le bâtiment en deux). Toutefois, afin de garantir un élevage conforme aux besoins spécifiques de l'espèce, il est recommandé de réduire ces quantités de moitié (1).

2.2.2 En cage :

Les éleveurs de cailles exotiques et ornementales ont souvent recours à l'utilisation de systèmes de volière, ce qui assure non seulement le bon fonctionnement biologique des oiseaux, mais également leur bien-être. Le rythme quotidien est régulé par la lumière naturelle, éventuellement complétée par un éclairage artificiel. De plus, on observe une nette diminution de l'agressivité, qui devient rare chez les cailles japonaises élevées dans ces volières (11,31). Cependant l'élevage en cages est une méthode fréquemment adoptée en milieu urbain ou périurbain en raison de son faible encombrement. Bien que les cages à plusieurs étages soient courantes, elles peuvent compromettre la circulation d'air adéquate et entraîner du stress chez les oiseaux (31).

Il est donc préconisé de laisser de l'espace entre les cages et de ne pas dépasser trois étages. Les cages doivent être bien ventilées et installées dans des bâtiments pour protéger les cailles des intempéries. Elles peuvent être fabriquées en bois et grillage, ou uniquement en grillage, bien que l'usage de bois nécessite des précautions pour éviter l'accumulation de déjections. Le fond de la cage peut être constitué de bois recouvert de copeaux de bois de 5 cm ou de grillage avec des mailles carrées de 1,5 cm (31).

Les dimensions des cages varient, offrant ainsi de l'espace pour les déplacements des cailles. Les mangeoires et les abreuvoirs peuvent être placés à l'intérieur ou à l'extérieur de la cage, pour des raisons de propreté et d'optimisation de l'espace. Introduire un bain de sable dans la cage améliore la cohabitation entre les cailles, prévient les parasites externes et favorise la digestion. En outre, si les cages ne possèdent pas de grillage au sol, l'ajout de nichoirs facilite la collecte des œufs (31).

2.3 Conditions d'ambiance :

2.3.1 La température physiologique :

La température revêt une importance cruciale pour les poussins de caille nouvellement éclos, car ils sont particulièrement sensibles au froid et aux courants d'air. Il est recommandé d'utiliser une couveuse commerciale ou une autre source de chaleur, positionnée à une hauteur de 30 à 46 cm au-dessus du sol de l'enclos. À un jour d'âge, la plage de température neutre pour les poussins de caille se situe entre 35 et 37°C, suivie d'une diminution à 33°C à une semaine, puis à 31°C à deux semaines d'âge. Il est conseillé de maintenir une température d'environ 35°C pendant les trois premiers jours, puis de la réduire progressivement de 0,5°C par jour jusqu'à atteindre une plage de 21 à 23°C vers la quatrième semaine d'âge, lorsque les poussins sont entièrement plumés (11). Lorsque les cailleteaux commencent à se nourrir, leur température corporelle augmente. Le comportement des poussins est le meilleur indicateur pour ajuster la température. S'ils se regroupent près de la source de chaleur et semblent avoir froid, cela signifie que la température est trop basse. Lorsqu'ils se situent juste en dehors de la zone la plus chaude, la température est optimale. Ne pas fournir suffisamment de chaleur au cours des premiers jours de la période d'incubation entraîne invariablement une augmentation de la mortalité. Il est impératif de protéger les poussins contre les courants d'air froid, en particulier la nuit (11,32).

2.3.2 La lumière physiologique :

Durant les deux premières semaines, il est recommandé d'exposer les cailleteaux à une lumière continue pendant 24 heures (11). Par la suite, le programme d'éclairage dépend de l'objectif de la production. Pour les oiseaux destinés à la production de viande, une combinaison de 23 heures de lumière et d'une heure d'obscurité, ou un éclairage intermittent, peut être appliquée. Un programme alternant trois heures d'obscurité et une heure de lumière répété six fois peut contribuer à réduire la prise alimentaire, à améliorer l'efficacité alimentaire, et à réaliser des économies d'électricité (11).

Selon le centre Songhaï dans la première phase, la lumière encourage la croissance en stimulant l'appétit des cailleteaux.

- Programme d'éclairage :
 - 1^{ère} semaine : 24 heures de lumière
 - 2^{ème} à 3^{ème} semaine : de la tombée de la nuit jusqu'à 22 heures.

Dans une seconde phase, la lumière favorise l'ovulation.

- Programme d'éclairage : 12 heures de lumière naturelle et 4 heures de lumière artificielle.

2.3.3 L'humidité :

Le niveau d'humidité joue un rôle crucial dans le bien-être des poussins de caille. Il influe sur le développement des plumes ainsi que sur l'incidence des problèmes respiratoires. Un taux d'humidité faible est généralement lié à une croissance de plumes insuffisante et à une couverture médiocre par le plumage. En revanche, une humidité élevée peut affecter la capacité respiratoire, en particulier lorsqu'elle est combinée à des températures élevées (11).

2.3.4 La ventilation :

Les cailles présentent une demande notable en oxygène relativement à leur taille, nécessitant un apport régulier et substantiel d'air frais. L'élevage intensif de ces animaux génère des émissions de gaz, lesquelles, en s'accumulant, nuisent à la production. Ainsi, le renouvellement continu de l'air s'avère essentiel pour éliminer ces émissions, impliquant l'utilisation de la méthode de ventilation la plus répandue, à savoir la ventilation dynamique (17).

CHAPITRE II : Alimentation de la caille

1. Restriction alimentaire :

La caille japonaise est élevée principalement pour la production d'œufs et de viande. Bien que peu d'études aient été publiées sur la production d'œufs spécifiquement (32), de nombreuses recherches se sont concentrées sur la croissance de la caille et sa composition corporelle. Cependant, il est largement reconnu que tant les protéines que l'énergie dans l'alimentation des volailles revêtent une importance capitale (32).

Ces éléments représentent les postes les plus coûteux dans le cadre d'une alimentation complète pour les volailles, où l'énergie à elle seule contribue à environ 70 % du coût total des régimes alimentaires pour volailles. Par ailleurs, l'énergie et les protéines alimentaires combinées représentent approximativement 85 % du coût total de l'alimentation (33).

2. Source d'énergie :

Les principales sources d'énergie sont constituées notamment de blé, de maïs, de sorgho, d'orge, de seigle et d'avoine.

2.1 Le blé tendre :

Effectivement, le blé tendre est une céréale largement utilisée dans l'alimentation des volailles (34). En comparaison avec le maïs, le blé tendre présente généralement une teneur en protéines plus élevée (35). Cependant, il est important de noter que la teneur en protéines du blé tendre peut varier considérablement en fonction des différentes variétés de blé et des conditions agronomiques dans lesquelles il est cultivé, comme l'ont souligné Larbier et Leclercq, 1922. Cette variabilité peut influencer la valeur nutritionnelle et l'apport en protéines du blé tendre dans les régimes alimentaires pour les volailles.

2.2 Le maïs :

Le maïs est souvent utilisé comme référence pour évaluer la valeur énergétique des autres céréales, sous-produits céréaliers et ingrédients utilisés dans l'alimentation des volailles. Il occupe généralement une position centrale dans la plupart des régimes alimentaires destinés aux volailles en raison de sa contribution significative à l'énergie métabolisable. Il est reconnu comme le principal contributeur d'énergie dans les régimes alimentaires pour les volailles (34,35,36).

2.3 L'orge :

L'orge, bien qu'étant une céréale disponible et présentant une teneur moyenne en énergie et en protéines, est peu couramment utilisée dans l'alimentation des volailles (35). Cette céréale peut entraîner des baisses de performances chez les jeunes animaux en raison de sa teneur en fibres plus élevée, ce qui peut affecter leur capacité de digestion (35). Comparativement au blé, l'orge est plus riche en fibres, ce qui réduit sa valeur énergétique (34). Cette caractéristique peut limiter son utilisation dans les régimes destinés aux volailles, surtout chez les jeunes animaux dont le système digestif est moins développé et moins efficace pour digérer les fibres.

2.4 Le sorgho :

Le sorgho se distingue par sa haute teneur en énergie métabolisable, principalement due à son contenu élevé en amidon et en matières grasses (34). Cependant, un défi majeur associé à cette céréale est la présence significative de tanins, des composés considérés comme antinutritionnels, et qui réduisent la digestibilité des protéines ainsi que l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les volailles, comme l'ont souligné Larbier et Leclercq (34) et Gynieys (35). Cette présence de tanins peut limiter l'impact positif de la haute teneur en énergie du sorgho dans les régimes alimentaires pour les volailles, affectant ainsi leur performance et leur utilisation des nutriments (35).

2.5 Le seigle :

Bien que le seigle présente des caractéristiques nutritionnelles similaires à celles du blé et du maïs, sa valeur alimentaire pour les volailles est limitée en raison de la présence de facteurs antinutritionnels (36). Sa tolérance est limitée et une consommation excessive peuvent conduire à des effets laxatifs, ce qui le rend déconseillé pour les jeunes poussins. Cependant, il peut être introduit graduellement dans l'alimentation des volailles adultes et des cailles pondeuses, en veillant à ne pas dépasser 20 % de la ration, comme l'indique Gynieys (35). Cette approche progressive permet de minimiser les effets indésirables du seigle tout en bénéficiant de ses nutriments pour les volailles adultes sans perturber leur santé digestive.

2.6 L'avoine :

L'avoine, cultivée principalement dans des climats humides et froids, occupe une position mineure à l'échelle mondiale en termes de culture céréalière. Sa valeur énergétique

Chapitre II : Alimentation de la caille

est souvent estimée en se basant sur sa teneur en cellulose brute, qui montre une corrélation négative avec l'énergie métabolisable, comme le suggère le tableau 4. Cette céréale est particulièrement adaptée aux cailles pondeuses, pouvant représenter jusqu'à 30 % de leur ration, étant donné leur moindre exigence en énergie. Cependant, pour les jeunes en croissance, il est recommandé de limiter l'apport en avoine à 10 %, car une consommation plus élevée peut favoriser le rachitisme (35). Cette différence d'utilisation entre les cailles pondeuses et les jeunes en croissance est due à leurs besoins énergétiques différents, soulignant ainsi l'importance de la modération dans l'inclusion de l'avoine dans les régimes alimentaires pour les différentes phases de croissance des volailles.

Tableau 2 : Valeurs nutritives des céréales sources d'énergie (37)

Céréales	Matière sèche (%)	Protéines brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore(%)		Énergie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
					total	Disponible	
Mais	86	7,5	1,9	0,01	0,28	0,12	3373
Blé	86	10,8	2,8	0,05	0,30	0,11	3210
Orge	89	11,5	5,0	0,08	0,42	0,15	2750
Sorgho	89	11,0	2,0	0,04	0,29	0,10	3310
Seigle	89	12,6	2,8	0,08	0,30	0,10	2710
Avoine	90	11,0	10,5	0,1	0,35	0,14	2550

3 Sources de protéines :

3.1 La féverole :

La féverole, une légumineuse de la famille des Papilionacées, trouve principalement son utilisation dans l'alimentation du bétail (38). Elle se distingue par sa teneur relativement élevée en protéines (25 à 33% de matière sèche) et en énergie (38).

3.2 Le lupin doux :

Le lupin doux, une graine couramment utilisée dans l'alimentation des oiseaux, présente une richesse en protéines. Cependant, son profil d'acides aminés est jugé médiocre, avec des déficiences en lysine, méthionine et tryptophane. Sa teneur énergétique est modérée en raison de l'absence de glucides assimilables, et sa teneur en huile varie considérablement selon les lots (34).

Chapitre II : Alimentation de la caille

L'utilisation de graines de lupin comme source de protéines dans l'alimentation des animaux monogastriques a été limitée en raison de la présence d'alcaloïdes toxiques. Cependant, le développement de cultivars à faible teneur en alcaloïdes a élargi le potentiel d'utilisation de ces graines dans l'alimentation des volailles (39).

3.3 Les graines de colza :

Les graines de colza renferment des substances anti-nutritionnelles qui, en concentrations élevées, provoquent des retards de croissance et des taux de mortalité accrus chez les cailles pondeuses. Ces composés peuvent également conférer un goût de poisson aux œufs ou à la viande. En conséquence, le taux d'incorporation est limité à environ 5% dans la ration (35).

3.4 Les graines de soja :

Le soja, en tant que légumineuse oléagineuse, figure parmi les sources de protéines végétales les plus significatives et efficaces à l'échelle mondiale. Il renferme environ 38% de protéines brutes et environ 20% d'huile (36). Les graines de soja nécessitent un traitement thermique spécifique pour éliminer les inhibiteurs de la trypsine, améliorant ainsi la digestibilité globale des protéines. Une alimentation à base de soja brut ou mal traité peut entraîner une croissance médiocre, une production réduite, ainsi qu'une diminution de la taille des œufs (36).

3.5 Le tourteau de soja :

Le tourteau de soja représente la principale source de protéines utilisée dans les industries avicoles et d'élevage à l'échelle mondiale (40). Il a établi une norme par laquelle d'autres sources de protéines sont évaluées (Tableau 5). Son profil d'acides aminés est particulièrement excellent pour la plupart des types de volaille (36). Les protéines présentes dans ce tourteau sont hautement digestibles. De plus, leur composition en acides aminés répond aux besoins des oiseaux en croissance et des femelles en ponte, présentant une richesse en lysine, tryptophane, isoleucine, valine et thréonine, ainsi qu'un équilibre approprié entre leucine d'une part et isoleucine et valine d'autre part. Cependant, il présente une légère déficience en acides aminés soufrés (34).

Tableau 3 : Valeurs nutritives de la féverole et du tourteau de soja (37)

Céréales	Matière sèche (%)	Protéines brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Énergie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
					Total	Disponible	
féverole	89	25,7	8,2	0,14	0,54	0,20	2420
tourteau de soja	90	44	7	0,25	0,60	0,20	2240

3.6 Le tourteau de colza :

Le tourteau de colza est généralement produit à partir de graines entières et contient environ 36,80% de protéines brutes (41), avec un équilibre en acides aminés assez similaire à celui du soja. Cependant, son niveau d'énergie métabolisable est relativement faible, ce qui constitue l'un de ses inconvénients (34). En raison de la présence d'un composé appelé sinapine, le tourteau de colza est exclu de l'alimentation des pondeuses. En effet, la sinapine, métabolisée pendant la digestion, confère un goût de poisson aux œufs (41).

4 Les compléments alimentaires :

4.1 Probiotique :

Le tractus digestif doit fournir les facteurs nécessaires à l'existence de tout micro-organisme qui finit par s'établir. Ces facteurs comprennent une température favorable, un apport constant de nutriments et de fluides essentiels : dans cette situation, les micro-organismes bénéficient de l'environnement et l'animal bénéficie en maintenant une microflore qui ne provoque aucun état pathologique. En général, il existe deux types de populations bactériennes qui peuvent s'établir dans le tractus digestif. Le premier est celui qui existe en étroite association avec l'épithélium intestinal et le second est celui qui se trouve librement dans la lumière intestinale. La situation idéale tout au long de la vie de tout animal serait de maintenir des nombres spécifiques de bactéries bénéfiques dans le tractus digestif. Cela garantirait que l'animal aurait en permanence un équilibre microbien adéquat (32).

Le terme « probiotique » a été utilisé pour indiquer des substances ou des micro-organismes qui contribuent à un équilibre microbien idéal. Aujourd'hui, les probiotiques

Chapitre II : Alimentation de la caille

sont considérés comme des micro-organismes viables qui, lorsqu'ils sont administrés à l'homme et à l'animal, ont un effet bénéfique sur l'hôte en améliorant les propriétés de la microflore indigène. Pour maintenir l'équilibre de la microflore intestinale chez les animaux, il est important de prévenir les maladies en contrôlant la prolifération excessive de bactéries potentiellement pathogènes. Bien que connus depuis longtemps, ce n'est que récemment que les probiotiques ont commencé à attirer l'attention des chercheurs, et plusieurs études ont été menées sur les effets des micro-organismes probiotiques, utilisant différentes formules et dans de nombreux buts de prévention ou de traitement des maladies (32).

Dans un environnement naturel, l'établissement d'une population microbienne dans le tractus digestif de tous les animaux à sang chaud, peu de temps après la naissance, est inévitable. Les types de micro-organismes qui s'établissent en premier lieu sont, dans la plupart des cas, les précurseurs des organismes finaux qui coloniseront et persisteront dans le tractus digestif tout au long de la vie adulte de l'animal. Il est connu que les différents types de bactéries colonisatrices sont sensibles aux changements pouvant survenir dans le tractus digestif de l'hôte. Le tractus digestif doit fournir les facteurs nécessaires à l'existence de tout micro-organisme qui finit par s'établir. Ces facteurs comprennent une température favorable, un apport constant de nutriments et de fluides essentiels : dans cette situation, les micro-organismes bénéficient de l'environnement et l'animal bénéficie en maintenant une microflore qui ne provoque aucun état pathologique. En général, il existe deux types différents de populations bactériennes qui peuvent s'établir dans le tractus digestif. Le premier est celui qui existe en étroite association avec l'épithélium intestinal et le second est celui qui se trouve librement dans la lumière intestinale. Les populations qui s'établissent dans le tractus digestif peuvent être bénéfiques ou nocives pour l'hôte. Non seulement certaines bactéries peuvent provoquer des maladies spécifiques connues pour être néfastes pour l'hôte, mais elles peuvent également entrer en compétition pour les nutriments essentiels. Si des bactéries bénéfiques s'établissent, l'animal hôte devrait également en bénéficier en conséquence. La situation idéale tout au long de la vie de tout animal serait de maintenir des nombres spécifiques de bactéries bénéfiques dans le tractus digestif. Cela garantirait que l'animal aurait en permanence un équilibre microbien adéquat. Cela, bien sûr, ne peut être garanti dans des conditions naturelles sur le terrain (42).

Cependant, si des micro-organismes et/ou des substances contribuant à l'équilibre microbien adéquat sont ajoutés à l'alimentation, alors l'animal recevrait continuellement un "stimulant" pour établir la population microbienne adéquate. Le terme « probiotique » a été

Chapitre II : Alimentation de la caille

utilisé pour indiquer des substances ou des micro-organismes qui contribuent à un équilibre microbien idéal (42).

Aujourd'hui, ils sont considérés comme des micro-organismes viables qui, lorsqu'ils sont administrés à l'homme et à l'animal, ont un effet bénéfique sur l'hôte en améliorant les propriétés de la microflore indigène. (32)

4.2 Probiotiques et CMV :

L'épithélium intestinal agit comme une barrière naturelle contre les substances toxiques pathogènes présentes dans l'intestin. Les agents de stress, les substances pathogènes et chimiques peuvent endommager la microflore ou l'épithélium intestinal, entraînant une altération de la perméabilité de cette barrière naturelle, facilitant ainsi l'invasion de substances pathogènes et toxiques et modifiant à la fois le métabolisme et la capacité de digestion, ainsi que l'absorption des nutriments, avec la possibilité d'un processus d'inflammation chronique de la muqueuse, perturbant ainsi les performances des oiseaux (43).

En raison de la restriction de l'utilisation d'antibiotiques dans les rations animales (qui favorisent la croissance), il devient nécessaire de mener des études sur des produits alternatifs pouvant les remplacer, afin de maintenir un niveau élevé de productivité et de qualité des produits finaux. Les probiotiques ont été désignés comme des substituts possibles aux antibiotiques et leur efficacité repose sur la diminution de diverses bactéries entéropathogènes par une réduction du pH, résultant d'une augmentation de la production d'acide lactique dans le caecum (43). Certaines bactéries peuvent reconnaître des sites de liaison dans les molécules de prébiotiques, réduisant ainsi la colonisation de la muqueuse intestinale.

En plus de l'amélioration de la santé intestinale, on peut également obtenir une meilleure absorption des nutriments par manipulation de l'alimentation. Des études sur les minéraux organiques ou chélatés ont été menées dans le but de garantir l'absorption minérale par le tractus intestinal, sans entrer dans le processus de compétition ionique (pression ionique de la muqueuse intestinale), généralement déterminée par la présence d'une concentration plus élevée des ions minéraux. Les minéraux organiques se distinguent par leur optimisation de l'absorption des micro-minéraux (43).

Chapitre II : Alimentation de la caille

Essentiels pour la majorité des processus physiologiques. Une telle optimisation rend certains phénomènes plus efficaces, comme le développement du système immunitaire (Zn, et Cu), la circulation sanguine, la formation osseuse (Zn), la reproduction (Se) et d'autres processus auxquels les micro-minéraux participent, directement ou indirectement (43).

Les besoins en oligo-éléments sont généralement satisfaits par des ingrédients alimentaires. La supplémentation implique généralement un prémélange composé de minéraux sous forme de sels élémentaires. En revanche, les minéraux organiques sont généralement des chélates composés de peptides ou d'acides aminés. Leeson a déclaré que les oligo-éléments inorganiques ont une large gamme de disponibilité (40 à 78 %) et l'ajout d'un peptide améliore la biodisponibilité du complexe minéral (90 à 95 %). La différence de biodisponibilité est probablement due à la façon dont les minéraux organiques sont absorbés à travers la membrane bordante et à la stabilité accrue du complexe dans la lumière du tractus gastro-intestinal (36).

Cependant, Novak et Troche notent que bien que les oligo-éléments soient relativement bon marché à supplémenter, une forte supplémentation peut entraîner des préoccupations environnementales concernant l'excès d'excrétion d'oligo-éléments. La biodisponibilité accrue des minéraux organiques peut permettre une incorporation plus efficace des minéraux dans les tissus et ainsi compenser l'excès d'excrétion minérale (44).

5 Besoins nutritionnels de la caille :

Les besoins nutritionnels essentiels doivent être respectés au minimum pour atteindre le niveau de production souhaité chez les cailles. La quantité de nutriments nécessaire aux cailles varie en fonction de l'âge et de la fonction de production. Cependant, selon le Conseil national de la recherche (45), il existe des rapports limités et parfois contradictoires sur les besoins nutritionnels des cailles. De plus, les exigences nutritionnelles recommandées conviennent davantage aux cailles élevées dans des régions tempérées (45). Les cailles doivent avoir accès à de l'eau potable propre et fraîche en permanence car la privation d'eau pendant une période prolongée entraîne une mortalité (46). Actuellement, une ration standard pour les cailles en croissance et en reproduction n'est pas disponible sur les marchés. Cependant, un aliment commercial pour oiseaux de chasse contenant 250 g/kg de protéines brutes et 12,6 MJ/kg d'énergie métabolisable ainsi que 10 g/kg de calcium peut être donné aux cailles pendant les six premières semaines pour favoriser des performances optimales (46). Cependant, les aliments pour oiseaux de chasse sont coûteux, de ce fait, les

Chapitre II : Alimentation de la caille

éleveurs ont recours à une alimentation de démarrage et/ou de croissance pour poulets (180 à 220 g/kg de protéines brutes), ce qui entraîne de faibles taux de croissance chez les cailles (46).

Dans des conditions météorologiques chaudes où l'apport alimentaire est faible, le calcium et le phosphore doivent être augmentés à 35 g/kg chez les cailles pondeuses. La consommation d'un régime alimentaire à haute teneur énergétique réduit l'apport alimentaire, suggérant que la densité nutritionnelle dans la ration doit être équilibrée pour fournir un apport approprié en nutriments en fonction des besoins nutritionnels réels et de l'apport alimentaire effectif. Les rations pour cailles devraient de préférence être proposées sous forme de granulés pour minimiser le gaspillage alimentaire constaté lors de l'offre de régimes en poudre (45).

Chapitre II : Alimentation de la caille

Tableau 4 : Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme (45)

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)

CHAPITRE III : Effets des probiotiques aviaires

1. Introduction :

Le terme "probiotique" trouve son origine dans les mots grecs "pros" et "bio", qui se traduisent littéralement par "pour la vie" ou "en faveur de la vie", tandis que "antibiotique" signifie "contre la vie" (47). Les probiotiques désignent des micro-organismes vivants consommés par les humains et les animaux, influençant de manière qualitative ou quantitative la microflore intestinale ou stimulant les effets positifs du système immunitaire (47).

La composition de la flore du tractus gastro-intestinal varie entre individus et même chez un même individu au cours de sa vie. Cette flore englobe des bactéries "amicales" et pathogènes, coexistant en une symbiose complexe. Plusieurs facteurs tels que le vieillissement, le stress, l'alimentation, les médicaments (notamment les antibiotiques), le climat, les maladies et le mode de vie peuvent perturber cet équilibre, engendrant des déséquilibres comme des diarrhées, des inflammations des muqueuses ou d'autres affections graves (48).

La plupart des bactéries probiotiques appartiennent au groupe des bactéries productrices d'acide lactique. L'acide lactique a été démontré comme un agent inhibiteur de la croissance des coliformes dans le tractus gastro-intestinal. La flore acide se révèle néfaste pour plusieurs agents pathogènes. Parmi les souches probiotiques les plus utilisées, on compte les bactéries lactiques ainsi que d'autres bactéries à Gram positif traditionnellement employées dans la fabrication alimentaire (tels que les yaourts, fromages, cornichons) depuis des siècles (49).

2. Mode d'action des probiotiques :

L'influence des probiotiques semble se concentrer principalement sur l'incidence des affections du tractus gastro-intestinal, telles que la diarrhée et diverses infections intestinales (50). Cependant, les mécanismes d'action généraux des probiotiques peuvent être catégorisés dans trois grands axes : l'exclusion compétitive, l'antagonisme bactérien et la modulation immunitaire (51).

L'exclusion compétitive repose sur la capacité protectrice de la microflore naturelle contre les effets néfastes des agents pathogènes. Ce concept implique la supplémentation alimentaire avec des cultures spécifiques de micro-organismes bénéfiques pour rivaliser

Chapitre III : effets des probiotique aviaires

avec les bactéries potentiellement nocives au niveau des sites d'adhésion et des substrats organiques (principales sources de carbone et d'énergie) (51).

Cela se traduit par l'adhésion à la paroi cellulaire du tube digestif, empêchant la colonisation par des micro-organismes pathogènes ou la compétition pour les nutriments (51).

Les probiotiques exercent une activité bactéricide en fermentant le lactose en acide lactique, abaissant ainsi le pH à un niveau que les bactéries nocives ne peuvent tolérer. De plus, certaines espèces de *Lactobacillus* produisent du peroxyde d'hydrogène, tandis que certaines espèces d'*Enterococcus* entravent le développement de micro-organismes pathogènes en sécrétant des substances antimicrobiennes telles que la nisine (52). Ces actions combinées contribuent à renforcer l'équilibre microbien bénéfique dans le tractus gastro-intestinal.

3. Principaux microorganismes à effet probiotiques :

En fonction de la viabilité et du type de micro-organismes utilisés, les formes d'apport s'effectuent dans l'aliment granulé (résistance à la température et à la pression), sous forme liquide, ou sous forme encapsulée (protection chimique et mécanique) (53)

Tableau 5 : Classification des différents probiotiques (48)

Lactobacilles	Bifidobactérie	Autres producteurs d'acide lactique bactéries	Non lactiques
<i>L. acidophile</i>	<i>B. lactis</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>B. cereus</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. longum</i>	<i>E. faecium</i>	<i>E. coli</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Sporolactobacilles</i>	<i>P. freudenreichii</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Leuconostoc</i>	
<i>L. gasser</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>S. thermophilus</i>	
<i>L. johnsonii</i>	<i>B. brève</i>	<i>P. acidilactic</i>	
<i>L. paracasei</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Mésentéroïdes</i>	
<i>L. plantaire</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

4. Utilisation des probiotiques :

Les probiotiques jouent un rôle crucial dans la préservation de l'équilibre corporel chez les animaux, favorisant le développement d'une microflore naturelle bénéfique (54). Ces préparations probiotiques se déclinent sous diverses formes telles que poudres, granulés, suspensions liquides et capsules, pouvant être intégrées à l'eau de boisson ou aux aliments pour administration. Pour exercer leurs effets bénéfiques, les bactéries vivantes, champignons et levures utilisés comme probiotiques doivent maintenir leur viabilité tout au long du stockage, de l'administration et à l'intérieur de l'environnement intestinal (55).

L'administration de probiotiques a été associée à l'amélioration de la consistance des selles, de leur teneur en matière sèche et de leur fréquence. Ces agents pourraient indirectement optimiser l'utilisation des aliments, agissant sur la microflore intestinale ou au niveau des cellules épithéliales du tractus digestif (56). Dans le domaine avicole, l'utilisation de probiotiques vise à améliorer la santé et les performances zootechniques des volailles. Cela se traduit par une augmentation du gain de poids, une réduction de l'indice de consommation, et contribue au bien-être des animaux en diminuant la fréquence des diarrhées ou la mortalité lors de phases critiques telles que les stress alimentaires, les changements de régime alimentaire, et les problèmes sanitaires (57,58).

5. Effets des probiotiques :

5.1 La muqueuse intestinale :

Les bactéries lactiques probiotiques, telles que *Lb. plantarum* ou *Lb. rhamnosus GG*, ont la capacité d'exclure ou de restreindre la croissance d'autres microorganismes dans le tractus gastro-intestinal, en rivalisant directement ou indirectement pour les nutriments ou les sites d'adhésion. Parmi leurs actions, ces probiotiques favorisent la production de mucine par les cellules intestinales, empêchant ainsi l'adhésion de souches pathogènes telles que *Salmonella*, *Clostridium* et *E. coli* (59).

En plus de cette action compétitive, les probiotiques démontrent également leur capacité à prévenir les dommages épithéliaux induits par les cytokines et les molécules oxydantes, favorisant ainsi la survie des cellules. Cette action protectrice contribue à maintenir l'intégrité de la barrière intestinale et à réduire les risques de lésions causées par des processus inflammatoires (60).

5.2 Le système immunitaire :

Il est établi que les bactéries lactiques exercent une influence positive sur le système immunitaire, impactant à la fois la réponse immunitaire innée et adaptative, ce qui réduit la colonisation par des agents pathogènes (61,62,63).

Ces bactéries possèdent diverses propriétés immunomodulatrices en raison de leur capacité à induire la production de cytokines, jouant un rôle crucial dans les mécanismes de réponse immunitaire innée ou adaptative (64). Les effets immunorégulateurs des probiotiques sont susceptibles d'être spécifiques à la souche, voire à l'espèce, et également au type de l'hôte. Ils peuvent agir en modulant l'activité du système immunitaire via diverses voies, telles que la stimulation des macrophages, favorisant ainsi la phagocytose (65).

Les probiotiques peuvent générer un effet anti-inflammatoire en inhibant la sécrétion de l'IL-6 et de l'IL-8, tout en stimulant les cellules T et les cellules dendritiques. Parallèlement, ils peuvent activer l'immunité cellulaire en induisant la production d'IL-12 par ces cellules (66). Ces actions multiples démontrent la capacité des probiotiques à réguler et à moduler diverses composantes du système immunitaire, offrant ainsi des perspectives pour leur utilisation dans la modulation des réponses immunitaires pour la santé humaine.

5.3 Qualité de la viande :

L'étude menée par Pelicano et al sur l'impact des probiotiques sur diverses carcasses de poulets et la qualité de la viande a révélé des résultats intéressants. En effet, la qualité de la viande s'est avérée supérieure dans le groupe où les probiotiques étaient administrés via l'eau ou l'alimentation (67). De manière significative, l'analyse sensorielle a démontré une amélioration de la saveur de la viande lorsqu'on a ajouté des probiotiques à la fois dans l'eau et l'alimentation, et ce, 72 heures après l'abattage. Ces conclusions suggèrent un lien potentiel entre l'utilisation de probiotiques et l'amélioration de la qualité sensorielle de la viande de poule (53).

6. Critères de sélection des probiotiques :

Les caractéristiques essentielles d'un probiotique sont (58) :

- Capacité à induire un effet bénéfique chez l'hôte animal.
- Non-pathogénicité et non-toxicité.
- Présence sous forme de cellules viables, de préférence en quantités significative.

Chapitre III : effets des probiotique aviaires

- Capacité de survie et d'activité dans l'environnement intestinal, incluant la résistance à des valeurs de pH bas et à des acides organiques.
- Stabilité et maintien de la viabilité lors du stockage et dans des conditions diverses sur le terrain (58).

Partie Expérimentale

Objectif :

En raison de la restriction de l'utilisation d'antibiotiques dans les rations animales qui favorisent la croissance, il devient nécessaire de mener des études sur des produits alternatifs pouvant les remplacer, afin de maintenir un niveau élevé de productivité et de qualité des produits finaux. C'est dans ce sens que notre essai s'inscrit pour tester l'effet des probiotiques comme des substituts possibles aux antibiotiques dans un élevage caille.

1. Matériels et méthodes :

1.1. Matériels

1.1.1 Conduite et conditions d'élevage :

L'expérience a été menée dans un bâtiment situé au sein d'une ferme agricole privée, dans la région d'El Hamiz de la wilaya d'Alger, sur une période de six semaines débutant le 2 octobre 2023 et se terminant le 9 novembre 2023, en utilisant un groupe de 162 cailles (figure 1).



Figure 1 : Photo personnelle des cailles à J-1.

- Le local a été aménagé spécialement pour l'expérimentation après nettoyage et désinfection (figure 2).



Figure 2 : Photos personnelles du bâtiment

- Le système de chauffage repose sur un radiateur à gaz, tandis que la température est surveillée et réglée selon les paramètres suivants : 38 à 34 degrés Celsius pendant la première semaine, puis entre 32 et 33 degrés Celsius pendant la deuxième semaine.
- Par la suite, la température diminuera progressivement pour être maintenue à 23 degrés Celsius au cours des derniers jours (figure 3).

Partie Expérimentale



Figure 3 : Température enregistrée lors de l'élevage

- L'éclairage est maintenu de façon continue tout au long de la période d'élevage grâce à l'utilisation de cinq lampes (figure 4).



Figure 4 : éclairage du bâtiment d'élevage

1.1.2 Alimentation :

- Les matières premières composant l'aliment sont ; le maïs, du tourteau de soja, du son de blé, du bicarbonate de sodium, du calcaire, du phosphate, de l'huile, du CMV, des acides aminés et des enzymes.



Figure 5 : Ingrédients de l'aliment utilisé.

- L'eau de boisson ainsi que l'alimentation étaient distribuées ad libitum pendant toute la période de l'expérimentation (figure 6).



Figure 6 : Répartition des cailles dans le box

Partie Expérimentale

1.2 Méthodes

162 cailles d'un jour d'âge (*Coturnix coturnix*), pesant $8,6 \pm 0,19$ g, ont été réparties au hasard en deux groupes de 81 cailles par lot dans des enclos, recouverts d'une quantité abondante de copeaux de bois. Les animaux ont été identifiés individuellement grâce à un code couleur à partir de la première semaine. Chaque enclos est équipé de deux abreuvoir et d'une mangeoire. Le groupe témoin a reçu un régime de base contenant 0 % de probiotiques (T) et l'autre groupe (P) a reçu une supplémentation de 0,2% en probiotiques sous forme de poudre composée de bactocell qui sont des bactéries lactiques vivantes (*Pediococcus acidilactidans*) dans le régime alimentaire de base. Le poids vif et la consommation alimentaire hebdomadaire ont été enregistrés, ainsi que les mortalités. Le suivi a duré quarante jours.

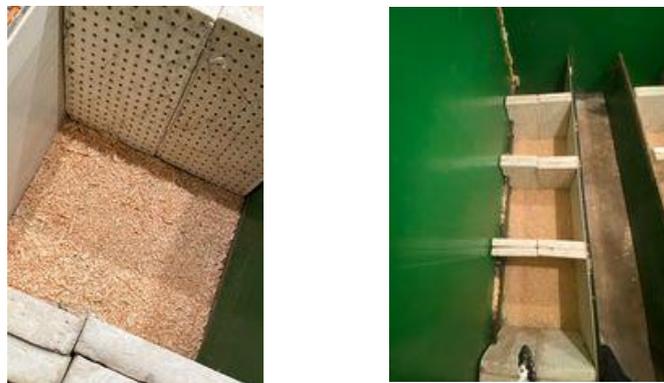


Figure 7 : Box d'élevage

2 Paramètres étudiés :

2.1.1 Poids vif :

Le poids a été enregistré de manière hebdomadaire tout au long de la période d'essai, depuis le premier jour jusqu'au jour de l'abattage, pour chaque sujet et à la même heure.



Figure 8 : Prise de poids des cailles

Partie Expérimentale

2.1.2 Ingéré quotidien :

Ingéré quotidien = quantité distribuée - quantité du refus

L'ingéré a été enregistré de manière hebdomadaire durant toute la période de l'essai



Figure 9 : Aliment pesé

2.1.3 Mortalités :

Les mortalités ont été enregistrées de manière journalière et hebdomadaire par box.



Figure 10 : les mortalités enregistrées

2.1.4 Analyse des données :

Les données sont enregistrées sur un tableau du logiciel Excel pour calculer les moyennes et les écarts types de chaque paramètre. Aussi, des courbes et histogrammes sont présentés.

Partie Expérimentale

3. Résultats et discussion :

3.1 Résultats :

3.1.1 Poids moyen :

Le (tableau 6) t ainsi que la (figure 11) représentent l'évolution des poids moyens des cailles de 2 lots T et P durant la période d'essai qui est de 40 jours.

Tableau 6 : Poids moyen (g) des cailles pendant la croissance

GROUPE	J7	J14	J21	J28	J35	J40
T	34,4±5,21	60,1±8,93	102,7±12,62	144,4±17,13	170,7±20,21	204±23,44
P	34,4± 6,86	59,6 ±10,32	103 ±17,44	152,6±20,65	179,9±19,32	217,4 ±22

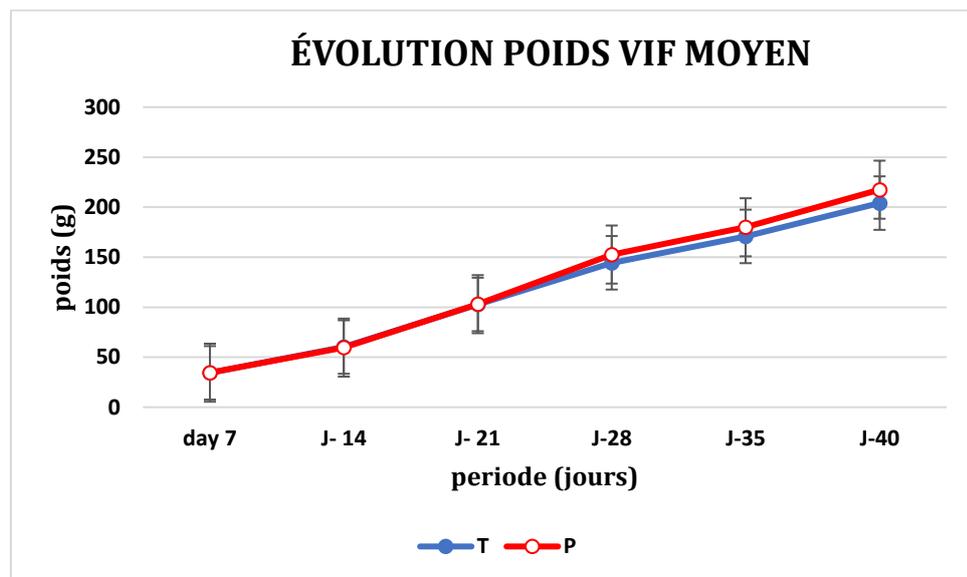


Figure 11 : Evolution du poids moyen des cailles durant l'expérimentation

Les cailles du lot témoin T sont ont reçu une alimentation de base (démarrage+ croissance). Les cailles du lot P ont reçu la même alimentation avec un supplément de probiotiques. Les 2 lots ont reçu la même ration alimentaire et étaient soumis aux mêmes conditions d'ambiance durant tout l'essai.

Les résultats montrent une augmentation régulière des poids moyens des cailles des 2 lots pendant les 40 jours du suivi. Cependant, au début de l'élevage, de j7 à j21, le lot P

Partie Expérimentale

affiche un poids moyen légèrement supérieur à celui des animaux du lot T : (j7 :0,08%) ;(J14 : T : 0,89%) ; (J21 : 0,28%).

Un taux supérieur du lot P est aussi observé à partir de j28 jusqu' la fin de l'essai : J28(5,4%) ; J35(T :5,11% ; J40(T : 5,99%).

3.1.2 Gain moyen quotidien :

La(figure 12) suivante représente l'évolution du gain moyen quotidien des 2 lots T et P durant toute la période de l'étude.

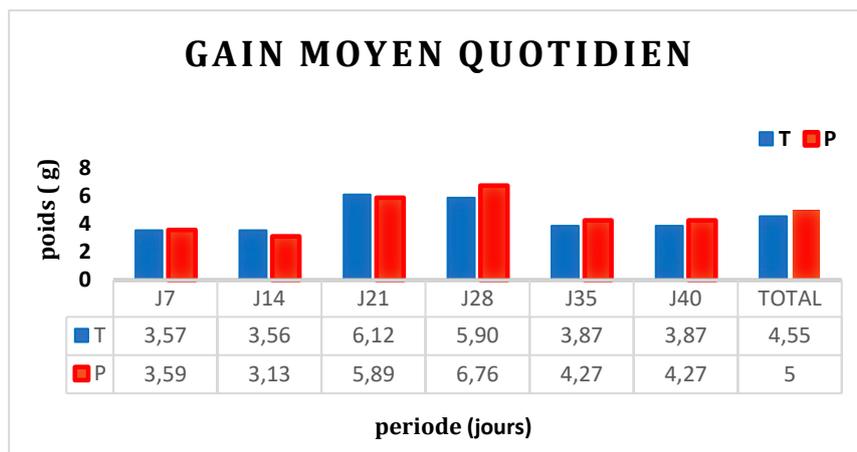


Figure 12 : Evolution du gain moyen quotidien des caillies des lots T et P durant 40j

Les résultats montrent des GMQ du lot T légèrement inférieurs à ceux du lot P lors de la première semaine (0,55%).

Le Lot T a présenté un GMQ supérieur à celui du lot P a j14 et j21, cependant les 2 lots ont enregistré des valeurs respectivement inférieures au j7 et j14.

A partir de j28 jusqu'à j 40, les valeurs de GMQ du lot P sont supérieures à celles du lot T à j28 le GMQ enregistré est le plus élevé (12,72%) puis une diminution des valeurs qui se stabilise durant les 2 dernières semaines (9,36%). Parallèlement, la moyenne du gain moyen quotidien lors de toute la période de l'élevage indique une valeur du lot P légèrement supérieure à celle du lot T (8,72).

2.1.3 Ingéré alimentaire :

Le (tableau 7) et la(figure 13) montrent les résultats de l'ingéré quotidien hebdomadaire des caillies des deux groupes T et P, sur une période de six semaines (40 jours).

Tableau 7 : Ingéré quotidien hebdomadaire (g) des cailles suivies

GROUPE	J-7	J-14	J- 21	J- 28	J-35	J-40
T	47,2±0,78	76,9±2,44	117,6±0,97	146,9±8,97	143,8±7,17	178,3±5,99
P	48,7±1,78	80,2±5,3	114,7±3,03	149±4,71	147,2±9,12	176,9±24,67

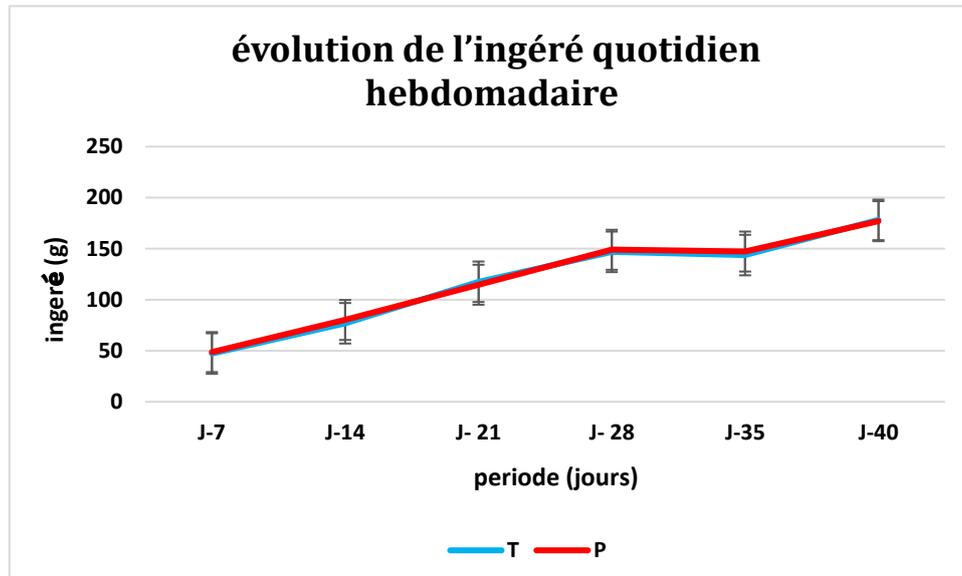


Figure 13 : Evolution de l'ingéré quotidien hebdomadaire des cailles suivies

L'analyse de l'évolution de l'ingéré quotidien révèle une augmentation constante pour les deux groupes, avec des légères variations inter-semaines. Le groupe T affiche un ingéré quotidien à J40 de 178,26 g, tandis que le groupe P atteint 176,98 g à la même période, une augmentation de 0,72%.

Une comparaison plus détaillée des groupes révèle que l'ingéré est globalement plus élevé pour le groupe T, avec une différence moyenne de 1,28 g par semaine. Les différences maximales et minimales sont respectivement observées à J28 (4,22 g) et J7 (0,46 g). Les courbes illustrant l'évolution de l'ingéré indiquant une augmentation constante de l'ingéré au fil du temps et des courbes parallèles entre les deux lots avec une légère divergence à partir de J28.

2.1.4 Mortalités :

Le (tableau 8) mentionne le nombre de mortalités des cailles suivies par semaine et par lot. Les données sont exprimées en nombre d'individus morts cumulés pour chaque

Partie Expérimentale

semaine et pour chaque groupe. Le groupe T affiche une mortalité cumulée de 8 individus. D'autre part, le groupe P enregistre une mortalité cumulée de 10 individus.

Tableau 8 : Mortalités enregistrées durant l'expérimentation (hebdomadaire)

Semaines	S1	S2	S3	S4	S5	S6	TOTAL
T	3	0	1	2	1	1	8
P	4	1	0	3	1	1	10

4. Discussion :

Les résultats des poids moyens obtenus dans note essai sont proches de ceux obtenus par Mohamed et ses collaborateurs qui ont utilisé 2 souches bactériennes *B. Toyonensis* ATCC 55050 (B1) et *B. Bifidum* ATCC29521 (B2). Ces derniers ont enregistré une augmentation significative ($P < 0,05$) du poids vif chez les cailles pondeuses à l'âge de 20 semaines qui ont reçu le régime complété par rapport aux autres groupes. De même Abou-Kassem et ses collaborateurs ont aussi obtenu des résultats montrant une augmentation significative ($P < 0,001$) du poids des cailles à 21 et 42 jours en raison des probiotiques par rapport au témoin. La combinaison entre *Bacillus toyonensis* [BT] et *Bifidobactérie bifidum* [BB] dans un des groupes expérimentés a amélioré tous les paramètres zootechniques étudiés par rapport aux autres groupes sans incorporation. L'utilisation de BT et BB comme compléments alimentaires a amélioré les performances de croissance et la qualité de la viande des cailles, ainsi qu'une diminution de la prolifération des bactéries pathogènes dans leur bol alimentaire et leurs intestins. Cependant, tous les groupes traités aux probiotiques ont augmenté ($P < 0,001$) de poids et cela quel que soit le probiotique utilisé. Similairement, Kasmanin et ses collaborateurs ont montré que l'utilisation des probiotiques alimentaires multi-souches pourrait améliorer les performances de croissance et l'immunocompétence des cailles japonaises, ainsi qu'une amélioration du poids des organes (rate, testicule et foie). Contrairement à ces résultats, Naseem et King ont ajouté différentes espèces de Lactobacilles (*L. rhamnosus*, *L. paracasei* et *L. plantarum*) à l'eau potable des poules pondeuses pendant huit semaines et n'ont trouvé aucun impact sur leur poids corporel.

D'après les résultats de Kabir et ses collaborateurs les gains de poids vif étaient significativement plus élevés ($P < 0,01$) chez les poulets de chairs expérimentaux

Partie Expérimentale

(probiotique) que les sujets témoins à tous les niveaux au cours de la, 4ème, 5ème et 6ième semaines, les poulets de chair vaccinés et non vaccinés, ce qui est similaire à nos résultats.

Kazem et ses collaborateurs ont démontré que les cailles traitées aux probiotiques contenant ces 9 microorganismes différents : *Aspergillus oryzae* Laboratoire , *Lactobacillus acidophilus* Laboratoire , *L. rhamnosus* Laboratoire , *L. plantarum* Laboratoire , *L. bulgaricus* Laboratoire , *Bifidobactérie bifidum* Laboratoire , *Enterococcus faecium* Laboratoire , *Streptococcus thermophilus* PXN et *Candida pintolopesis* PXN avaient une consommation alimentaire supérieure aux jours 14 à 35 par rapport au groupe témoin . Quelle que soit leurs méthodes d'administration, les cailles présentaient un gain de poids vif plus élevé que les oiseaux témoins sans incorporation ($P < 0,05$). Les valeurs de la longueur du duodénum et de la hauteur des villosités, de la longueur de l'iléon et de la hauteur des villosités ventrales étaient supérieures à celles du groupe témoin ($P < 0,01$). Les probiotiques ont entraîné des cryptes plus profondes et un nombre plus élevé de cellules caliciformes dans le duodénum et l'iléon par rapport au témoin ($P < 0,01$). L'administration de probiotiques a aussi entraîné une augmentation de l'acide urique plasmatique ($P < 0,05$), le glucose et les protéines totales ($P < 0,01$). La concentration d'hémoglobine était légèrement plus élevée dans les groupes supplémentés en probiotiques.

Kazem et ses collaborateurs ont montré que l'inclusion des probiotiques *B. Subtilis* dans l'alimentation a considérablement amélioré le gain de poids vif entre 22 et 35 jours et de 1 à 35 jours par rapport aux groupes témoins des cailles. Dans cette étude, quel que soit le type du probiotique utilisé (*B. subtilis* & *B. subtilis plus B. Coagulans* dans), le régime alimentaire avait amélioré de manière significative le gain de poids vif par rapport au groupe témoin, tandis que les antibiotiques alimentaires n'avaient eu aucun effet significatif sur ces paramètres par rapport au groupe témoin.

Aussi l'administration de probiotiques avait augmenté l'indice de consommation entre 15 et 35 jours et entre 1 et 35 jours ($P < 0,05$), mais aucune différence significative dans l'indice de consommation n'avait été observée pour les probiotiques administrés par différentes voies ($P > 0,05$). De même, l'indice de consommation n'avait pas été influencé par les méthodes d'administration des probiotiques (72) .

Contrairement à nos résultats, Jeldjermoi et ses collaborateurs n'avaient montré aucune différence significative dans le poids vif initial entre les groupes témoin et traité. Les cailles femelles étaient plus lourdes que les mâles, ce qui est une caractéristique. Le traitement avec un probiotique (*P. acidilactici*) n'avait pas affecté de manière significative la

Partie Expérimentale

croissance des cailles. Les probiotiques n'avaient pas influencé de manière significative le poids vif des femelles à 55j d'âge.

D'après Murshed et Abudabos, ainsi que Gheisar et ses collaborateurs les probiotiques peuvent améliorer les performances de croissance en augmentant la population de micro-organismes bénéfiques et en inhibant la prolifération des agents pathogènes dans le microbiote intestinal. Aussi, le Probiotique *P. acidilactici* est connu pour améliorer les performances de croissance des poulets de chair.

Cependant, dans la présente étude, le probiotique seul n'a eu aucun effet supplémentaire sur la croissance des cailles. Ceci est conforme à certaines études qui n'ont trouvé aucune influence de la supplémentation en Probiotique sur la croissance des cailles japonaises élevées dans de bonnes conditions. L'absence d'effet significatif de l'incorporation sur la croissance des cailles au cours de notre expérience pourrait être attribuée à la seule souche bactérienne du probiotique, à son activité, à la composition du régime témoin et/ou aux conditions environnementales (76), ce qui est similaire aux résultats de notre expérimentation. Cette étude a également montre une amélioration de la consommation alimentaire par rapport au groupe témoin pendant toute la période d'étude (1 à 35 jours). *B. coagulase* probiotique a significativement augmenté la consommation alimentaire par rapport au régime témoin de 22 à 35 jours et de 1 à 35 jours ($P < 0,05$).

Mohamed et ses collaborateurs ont montré que la supplémentation en probiotiques n'avait pas affecté les mortalités de manière significative. Pendant la période expérimentale de 8 à 20 semaines, Abou-Kassem confirme l'étude précédente en montrant qu'aucune différence significative n'est enregistrée sur les mortalités entre les groupes supplémentés en probiotiques et le groupe témoin pendant toutes les périodes expérimentales. Et enfin Kazem et ses collaborateurs ont montré que l'administration de probiotiques tend à réduire le taux de mortalité ($P = 0,058$), par rapport au groupe témoin.

L'effet des probiotique sur la morphologie du jéjunum a été étudiée par Baharampur et ses collaborateurs qui indiquent une augmentation de la hauteur des villosités et de la profondeur des cryptes par rapport au groupe témoin où t les longueurs de villosités les plus élevées étaient liées aux cailles nourries avec *B. subtilis* ($P < 0,05$).

L'évaluation de la hauteur des villosités duodénales par Kazem et ses collaborateurs a montré que l'administration du probiotique dans la culture entraînait des valeurs plus élevées par rapport aux cailles témoins.

Partie Expérimentale

Le résultat de l'étude de Kabir et ses collaborateurs a également mis en évidence que les organismes probiotiques inhibaient certains agents pathogènes non bénéfiques en occupant l'espace de la paroi intestinale. Ils ont également démontré que les poulets de chair nourris avec des probiotiques avaient tendance à présenter des changements histologiques intestinaux prononcés tels qu'une impulsion active dans la mitose cellulaire et une augmentation de la taille nucléaire des cellules, par rapport aux animaux du groupe témoin.

Quant aux résultats de Kazem et ses collaborateurs, ils attestent une légère augmentation non significative du titre d'anticorps a été observée chez les caille japonaise ayant reçu des probiotiques.

Kabir et ses collaborateurs ont évalué les effets des probiotiques sur les caractéristiques sensorielles et la qualité microbiologique de la viande du poulet de chair et ont rapporté que la supplémentation en probiotiques dans leur ration améliorerait la qualité de la viande avant et après la congélation.

Conclusion et perspectives :

Depuis une dizaine d'années, de nouvelles souches bactériennes sont sélectionnées et incorporées aux produits alimentaires pour leurs capacités à modifier les caractéristiques nutritionnelles de ces produits, ainsi que pour induire des effets bénéfiques sur la santé animale et donc indéniablement, la santé humaine.

Les résultats obtenus lors de cet essai, visant à évaluer l'effet des probiotiques *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques des cailles, sont positifs. Notre étude a démontré que l'utilisation des probiotiques dans l'élevage de cailles a des effets bénéfiques sur la productivité des cailles. Les probiotiques ont amélioré la croissance, la conversion alimentaire et la résistance aux maladies des cailles. Les probiotiques ont influencé positivement le poids vif, ainsi que leur ingéré alimentaire.

Il est recommandé d'intégrer les probiotiques dans l'alimentation des cailles pour améliorer leur croissance et leur comportement. Cependant, l'efficacité des probiotiques peut varier en fonction de divers facteurs, tels que le type de probiotique utilisé, le régime alimentaire, l'âge des volailles et les conditions de leur élevage. Par conséquent, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les souches probiotiques les plus efficaces pour l'élevage de cailles.

En conclusion, l'utilisation de probiotiques dans l'élevage de cailles offre une alternative prometteuse aux antibiotiques pour améliorer la santé et la productivité. Cela pourrait avoir des implications importantes pour l'industrie de l'élevage de volailles, particulièrement dans le contexte actuel de réduction de l'utilisation des antibiotiques en élevage. Cependant, il serait nécessaire de faire des expérimentations à effectif plus large avec plusieurs types de probiotiques, et pourquoi pas une association de ceux-ci.

Liste des références bibliographiques

1. Mondry R. L'élevage de la caille en zone tropicale ;2016
2. .Berrama Z., Mefti H., Kaidi R. et Souames S. Caractérisation zootechnique et paramètres génétiques des performances de croissance de la caille japonaise Coturnix japonica élevée en Algérie. Complément ; 2011.
3. Moula N., Philippe F. X., Ait Kaki A., Touazi L., Antoine-Moussiaux N. et Leroy P.: Ponte et qualité d'œufs de cailles élevées en conditions semi intensives dans l'Est Algérien. Archivos de zootecnia ;2014
4. Sauvant D :Principes généraux de l'alimentation animale. INA ParisGrignon. Département des sciences animales ;2004-2005.
5. Ifeanyi P, Monnye M, Nthabiseng A & Christian M. Bacillus probiotics as alternatives to in-feed antibiotics and its influence on growth, serum chemistry, antioxidant status, intestinal histomorphology, and lesion scores in disease-challenged broiler chickens. Sec. Animal Nutrition and Metabolism ;2022; Volume 9. disponible: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.876725>
6. Brenes A, Roura E: Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. Animal Feed Science and Technology ;2010.
7. -M'Sadeq SA, Wu S, Swick RA, Choct M. Towards the control of necrotic enteritis in broiler chickens with in-feed antibiotics phasingout. ;2015 disponible: . <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.02.004>
8. Kabir S. The role of probiotics in the poultry industry. International Journal of Molecular Science 2009 disponible: <https://doi.org/10.3390/ijms10083531>
9. Djallali M:La coturniculture. Mémoire de master ; 2003
10. Abbes Z : La chair caille fait son entrée sur la table oranaise ; 2012
11. Shanaway, M.M: Quail production systems a review, food and agriculture organization of the united nation ; Rome 1994
12. N. Taka-Tsukasa, Birds of Jehol Daiichiji Man-Mō Gakujutsu Chōsa Kenkyūdan hōkoku, Waseda university, Faculty of science and engineering ;1935
13. Crawford, R.D. Origin and History of Poultry Species. Poultry Breeding and Genetics. Elsevier; Amsterdam 1990
14. Menassé V. et milani G. L'élevage rentable des cailles (Ed.De Vecchi S.A) ;2004.
15. ITELV, Guide d'élevage de la caille ; 2003

16. Earlgkrit @. at Dugla K., 5::2. Nas aspccas, naur ènavkba at naur uthnhshtml Ckhinna at cmnhls. Aihthmls Aubal Qnoar, ;pp 6 30-01. Hl
17. Lucotte G., 1975- L'élevage de la caille (Précis de coturniculteur). Ed. Vigot Frères; 1975. 82p.601
18. Chang GB, Liu XP, Chang H, Chen GH, Zhao WM, Ji DJ, Chen R, Qin YR, Shi XK et Hu GS. Behavior differentiation between wild Japanese quail, domestic quail, and their first filial generation. *Poultry Science* 88:1137–1142 2009.
19. Mills AD, Crawford LL, Domjan Met Faure JM., The Behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix japonica*. Elsevier Science. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 21.P. 261- 281 1997.
20. Mabelebele M, Alabi OJ, Ng'ambi JM, Norris D et Ginindza MM., Comparison of gastrointestinal tracts and pH values of digestive organs of Ross 308 broiler and indigenous Venda chickens fed the same diet. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 9 : 71-76. 2014.
21. Armenta Osorio LE.. Manual para la produccion de Codorniz. Escuela de agronomia. Universidad Popular Automa Del Estado De Puebla : 38-41 1996
22. Jean-Luc; Balloy Dominique,; Villate Didier, *Maladies des volailles / Jean-Luc Guérin, Dominique Balloy, Didier Villate Guérin, Paris : Éd. France Agricole; 2011*
23. Cano FG. Interactive avian anatomy: functional and clinical aspects Área de anatomía veterinaria departamento de anatomía y anatomía patológica comparadas campus Universidad de Murcia: 16 pages 2012.
24. Brachet, M., Brame, C., Couilleau, L., Dennery, G., Experton, C., Filliat, C., ... & Souillard, R. *La santé des volailles en agriculture biologique; 2018.*
25. Alamargot J. Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaire. Edition du Point Vétérinaire 25 rue Bourgelat 94700 Maison Alfort ;1982 ;15-31.
26. 4. Dusart L. Quelques rappels sur les mécanismes physiologiques. Alimentation des volailles en agriculture biologique ;2015 ;Chapitre 2 In Cahier de volaille: 8-9
27. Hena SA, Sonfada ML, Danmaigoro A, Bello A et Umar AA., Some comparative gross and morphometrical studies on the gastrointestinal tract in pigeon (*Columbia livia*) and Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Scientific Journal of Veterinary Advances* 1 2012;57-64.
28. Guérin, J. L., Balloy, D., & Villate, D. *Maladies des volailles* (pp. 576-p). France Agricole
29. Wilkinson, N., Dinev, I., Aspden, W. J., Hughes, R. J., Christiansen, I., Chapman, J., ... & Stanley, D. (2018). Ultrastructure of the gastro intestinal tract of healthy Japanese quail (*Coturnix japonica*) using light and scanning electron microscopy. *Animal nutrition*, 4(4), 378-387;2012.
30. Rougière Nathalie, 2010. Etude comparée des paramètres digestifs des poulets issus des lignées génétiques D+ et D- sélectionnées pour une efficacité digestive divergente. Thèse (Doctorat. Sciences de la vie). Soutenue le 26 mai 2010. Université François Rabelais de Tours: 23-56.

31. Schmid I et Wechsler B., Behaviour of Japanese quail (*Coturnix japonica*) kept in seminatural aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 55: 103-112 1997
32. Nasrollah Vali, Probiotic in Quail Nutrition: A Review *International Journal of Poultry Science* 8 (12): 1218-1222, 2009
33. Gunawardana et al., P. Gunawardana, D.A. Roland, M.M. Bryant
Effet de l'énergie et des protéines sur les performances, les composants de l'œuf, les solides de l'œuf, la qualité des œufs et les bénéfices chez les poules muées Hy-Line W-36
J Appl Poult Res, 17 ;2008, p. 432 à 439
34. Larbier, M; Leclercq, B. Nutrition et alimentation des volailles Institut national de la recherche agronomique, 1992. 274p.
35. Gynieys, A. Collection créer un atelier de volailles en bio. Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural Bio Gard 2003: 31-45..
36. Leeson, S; Summers, J.D. Commercial Poultry Nutrition 3ed Broiler chickens broilers breeders laying hens game birds pet birds turkeys ratites ducks geese University of Guelph. Ontario. Canada 2005.: 11-85
37. Feedstuffs Ingredient Analysis Table.. Edition prepared by Amy Batal and Nick Dale, Huvepharma Inc, University of Georgia, Athens, Ga. 2015
38. Heuzé, V ; Tran, G ; Lebas, F. Faba bean (*Vicia faba*) :1-5. Feedipedia Resears Gate. Published on Feedipedia (<http://www.feedipedia.org>), 2015. 13 p
39. Olkowski, A.A; Olkowski, B.I; Amarowicz, R; Classen, H.L.. Adverse effects of dietary lupine in broiler chickens. *Poultry Science* 2001;80:62
40. Stein, H.H; Berger, L.L; Drackley, J.K; Fahey, G.F jr ; Hernot, D.C; Parsons, C.M.. Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. University of Illinois, Urbana 2008: 616-621
41. Beghoul, S. Effet de l'utilisation des céréales et des protéagineux autres que le maïs et le soja dans l'alimentation du poulet de chair. Thèse de Doctorat en Sciences, soutenue le 18 Mars 2015. Institut des sciences vétérinaire Université : Constantine 196p.
42. Jernigan, M.A., R.D. Miles and A.S. Arafa., Probiotics in Poultry Nutrition-A Review'. *Florida Agric. Expe. Stat. J. Ser. No.*, 5854: 99-107. 1985
43. Juskiewicz, J., Z. Zdunczyk and J. Jankowski., Selected parameters of gastrointestinal tract metabolism of turkeys fed diets with flavomycin and different inulin content. *World Poult. Sci. J.*, 2: 177- 185. 2004
44. Novak, C. and C. Troche., High quality poultry meat - the ultimate goal. Can trace mineral nutrition have an impact? In: *Alltech's Annual Symposium, 23th, 2007, Lexington. Proceedings. Lexington: Alltech*, pp: 161-167.
45. NRC Nutrient Requirements of Poultry, 9th edn. (Washington, DC: National Academy Press). (1994).

46. Randall M et Bolla G., Raising Japanese quail. Prime facts 602. second ed: 1-5. 2008
47. Basavaprabhu H Nataraj , Rashmi H Mallappa , Antibiotic Resistance Crisis: An Update on Antagonistic Interactions between Probiotics and Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus (MRSA), 2021 Apr 21.
48. Teshale, A., Tilahun, A., Hadush, T., Haile, B., Andualem Desta, M. (2017). Bacterial
49. Henker, J., Laass, M., Blokhin, B.M., Bolbot, Y.K., Maydannik, V.G., Elze, M., Wolff, C., Schulze, J. (2007). The probiotic *Escherichia coli* strain Nissle (EcN) stops acute diarrhea in infants and toddlers. *European Journal of Pediatrics*, 166(4), 311-318. 10.1007/s00431-007-0419-x 1917
50. Sullivan A., Nord C. E The place of probiotics in human intestinal infections. *International Journal of Antimicrobial Agents* 20:313-319.(2002).
51. Yirga, H. The Use of Probiotics in Animal Nutrition. *Journal of Probiotics & Health*, 3(2), 1-10. 10.4172/2329-8901.1000132 (2015).
52. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R. *Animal Nutrition* (7th ed.). Harlow: Pearson Books(2010).
53. O Sullivan A, Nord CE. Probiotics and gastrointestinal diseases. *J Intern Med.* 2005;257:78–92. [PubMed] [Google Scholar]
54. Boaventura, C., Rafael, A., Ana, U., Jacques, N., Luis, G. The Benefits of Probiotics in Human and Animal Nutrition. *NAB Clinical Gastroenterology. IntechOpen*, 75-100. 10.5772/34027(2012).
55. Krehbiel, CR, Rust, SR, Zhang, G., Gilliland, SE Bactérien microbiens administrés directement dans l'alimentation des ruminants : réponse en termes de performance et mode d'action. *Journal des sciences animales*, 81(2), 120-132. 10.2527/2003.8114_SUPPL_2E120X(2003).
56. Chafia. S., Effet de l'addition des probiotiques dans les régimes alimentaires sur les performances zootechniques du poulet de chair. Mémoire de magister. Université Lakhdar de Batna. 2006
57. Ahmed I, "Effect of probiotics on broiler performance". *International Journal of Poultry Science* 5(6), p593-597 2006.
58. Fuller, R., Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.*, 66(5) :365- 378. 1989.
59. Oelschlaeger, T. A. (2010). Mechanisms of probiotic actions – A review. *Int. J Med. Microbiol.* 300, 57–62.(2009.08.05)
60. Madsen, K. L. Enhancement of epithelial barrier function by probiotics. *J. Epithel. Biol. Pharmacol.* 5, 55–59(2012).
61. Ashraf, R., and Shah, N. P. Immune system stimulation by probiotic microorganisms. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54, 938–956. doi:10.1080/10408398.2011.619671(2014).
62. Tellez, G., Pixley, C., Wolfenden, R. E., Layton, S. L., and Hargis, B. M. Probiotics/direct fed microbials for Salmonella control in poultry. *Food Res. Int.* 45, 628–633. doi:10.1016/j.foodres. (2012).
63. Tsai YC, Chen YC, et Hsieh PS, al. Eradication of *Helicobacter pylori* infection by the probiotic strains *Lactobacillus johnsonii* MH-68 and *L. salivarius* ssp. *salicinius* AP- 32. *Helicobacter.* 2012; 17:466–477. [PubMed] [Google Scholar]

64. Kiczorowska, B., Samolińska, W., Al-Yasiry, A. R. M., Kiczorowski, P., and Winiarska-Mieczan, A. (2017). The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. *Ann. Anim. Sci.* 17, 605–625. doi:10.1515/aoas-2016-0076.
65. Jennifer Brisbin, Ceva Animal Health Inc., Lianne Davidge, Ala Roshdieh, Shayan Sharif, University of Guelph, Characterization of the effects of three *Lactobacillus* species on the function of chicken macrophages, March 2015
66. Shida, K., and Nanno, M. (2008). Probiotics and immunology : separating the wheat from the chaff. *Trends Immunol.* 29, 565–573. doi:10.1016/j.it.2008.07.011
67. Pelicano, E., R., L., Souza, P. A., H. B. A., Oba. A., Norkus., E. A., Kodawara. Lima, T. M. A., Effect of different probiotics on broiler carcass and meat quality. *Rev. Bras. Cienc.*, 5(03): 207-214. 2003.
68. Mohamed A. Nour a, Mohamed M. El-Hindawy a, Daa E. Abou-Kassem b, Elwy A. Ashour a, Mohamed E. Abd El-Hack a, Samir Mahgoub c, Salama M. Aboelenin d, Mohamed M. Soliman e, Khaled A. El-Tarabily f,g,†, Abdel-Moneim E. Abdel-Moneim : Productive performance, fertility and hatchability, blood indices and gut microbial load in laying quails as affected by two types of probiotic bacteria (Saudi Journal of Biological Sciences: Volume 28, Issue 11, November 2021, Pages 6544-6555)
69. D. E. Abou-Kassem,* M. F. Elsadek,y,z,1 A. E. Abdel-Moneim,x S. A. Mahgoub,# G. M. Elaraby,k A. E. Taha,{ M. M. Elshafie,y D. M. Alkhawtani,y M. E. Abd El-Hack,**,1 and E. A. Ashour*: Growth, carcass characteristics, meat quality, and microbial aspects of growing quail fed diets enriched with two different types of probiotics (*Bacillus toyonensis* and *Bifidobacterium bifidum*) : 2021 *Poultry Science* 100:84–93
70. F. Bagherzadeh Kasmani n, M. Mehri: Effects of a multi-strain probiotics against aflatoxicosis in growing Japanese quail: Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol 98661-5538, Iran: Article history: Received 19 December 2014 Received in revised form 23 April 2015 Accepted 25 April 2015
71. Naseem, S., King, AJ, 2020. Effet des lactobacilles sur la production et sélection Composés présents dans le sang, le foie et le fumier des poules pondeuses. *J.Appl. Poule. Rés.* 29, 339-351. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2019.11.008>
72. Kazem Seifi,* ,† Mohammad Amir Karimi Torshizi,* ,1 Shaban Rahimi,* and Mohammad Kazemifard : Efficiency of early, single-dose probiotic administration methods on performance, small intestinal morphology, blood biochemistry, and immune response of Japanese quail : 2017 *Poultry Science* 96:2151–2158 disponible: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew446>
73. A.Y.jeldjerjemoi,*N. Kraimi,ouiP. Constantin,ouiF. Mercerand,zet C. Leterriero : Effets de la supplémentation en tryptophane et en probiotiques sur la croissance et comportement chez les caille : 2020 *Science avicole* 99 : 5206-5213 disponible : <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.047>
74. Murshed, MA et AM Abudabos. 2015. Effets du régime alimentaire inclusion d'un probiotique, d'un prébiotique ou de leurs combinaisons sur les performances de croissance des poulets de chair. *Révérénd Bras. Cien. Avic.* 17 (SPE) : 99-103.

75. M. Gheisar, M.A. Hosseindoust, I.H. Kim Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet *J. Appl. Anim. Res.*, 24 (2015), pp. 511-519
76. Parois, S., L. Calandreau, N. Kraimi, I. Gabriel et C. Leterrier. 2017. L'influence d'une supplémentation en probiotiques sur la mémoire chez les cailles suggère un rôle du microbiote intestinal sur les capacités cognitives des oiseaux. *Comportement. Cerveau Res.* 331 : 47-53. Pathmakanthan
77. K. Bahrapour, M. Afsharmanesh*, M. Khajeh Bami, Effets comparatifs du régime alimentaire *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* et des suppléments de Flavophospholipol sur les performances de croissance, la microflore intestinale et la morphologie jéjunale de la caille japonaise, Département des sciences animales, Faculté d'agriculture, Université Shahid Bahonar de Kerman, Kerman, Iran, (2020)

MABED Manessa

Université de Blida- 1 / Institut des Sciences Vétérinaires

Promotrice : Dr. SAIDJ D.

Thème :

Utilisation des probiotiques en élevage caille

Résumé :

Les probiotiques, en tant que suppléments alimentaires contenant des micro-organismes bénéfiques, ont suscité un intérêt croissant dans le domaine de l'élevage avicole grâce à leur impact positif sur les performances zootechniques, telles que la croissance, la conversion alimentaire, mais aussi sur la santé des animaux.

Cette étude vise à incorporer des probiotiques dans l'alimentation d'un élevage cailles. Au total, 162 cailles d'un jour d'âge (*Coturnix coturnix*), pesant $8,6 \pm 0,19$ g, ont été réparties au hasard en deux groupes. Le groupe témoin a reçu un régime de base contenant 0 % de probiotiques (T) et l'autre groupe (P) a reçu une supplémentation en probiotiques lactobacille à 0,2% dans le régime de base. Le poids vif et la consommation alimentaire hebdomadaire ont été enregistrés, ainsi que les mortalités. Le suivi de l'élevage a duré quarante jours.

Les résultats ont montré que les cailles recevant des probiotiques dans leur ration ont enregistré de meilleures performances zootechniques (gain moyen quotidien, poids vif moyen et indice de conversion alimentaire) par rapport au groupe témoin. Le poids vif à l'âge de quarante jours est de $204,04 \pm 23,44$ g pour les cailles du groupe T et de $217,4 \pm 22,0$ g pour celles du groupe P, ce qui correspond à une augmentation de 5,99% avec une consommation alimentaire quotidienne et totale similaire. Les taux de mortalité étaient semblables dans les deux groupes tout au long de la période du suivi, avec un taux élevé sur au cours des premiers jours de mise en place et ce, quel que soit le groupe.

La présente étude a démontré que l'incorporation de probiotiques dans l'alimentation des cailles avait un effet positif sur les performances de croissance et pourrait être l'une des méthodes à adopter pour maximiser la production en 'élevage de cailles chair.

Mots clés : caille chair, probiotique, croissance, ingéré alimentaire, performances

Annexe A :

Résumé en anglais :

1. Introduction:

Quail farming, despite its relative simplicity, low space and financial requirements, and growing demand, remains a marginal activity given its underutilized potential. In recent years, however, this practice has seen significant growth, contributing to the diversity of available poultry products.

Quails play a crucial role in the production of meat and eggs due to their rapid growth, early sexual maturity (starting to lay eggs at 6-8 weeks), high egg yield (180 to 300 per year), and short incubation period. Animal feed directly influences their performance and health, thus affecting the quality of their products. Animal feed is the primary expense in farming, accounting for about 60 to 70% of the costs. To meet the growing demand for poultry products, farmers have started using minimal doses of antibiotics to reduce the risks associated with intestinal pathogens, improve feed efficiency, and promote weight gain. After the ban on growth-promoting antibiotics, finding effective alternatives to support animal health and performance has become essential.

Probiotics are widely considered an alternative to antibiotics as they promote the growth of beneficial bacteria and improve the animals' intestinal health. Among recognized probiotics, lactobacilli are the most used in animal feed due to their safety, natural presence in the intestine, and proven positive effects on animal health. In broiler nutrition, probiotic species belonging to *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Aspergillus*, *Candida*, and *Saccharomyces* have shown beneficial effects on broiler performance.

This study aims to evaluate the effectiveness of probiotics in improving the zootechnical performance, health, and productivity of broiler quails raised under local conditions.

2. Goal:

Due to the restriction on the use of growth-promoting antibiotics in animal feed, it is necessary to conduct studies on alternative products that can replace them to maintain high productivity and quality of the final products. Our study aims to test the effect of probiotics as possible substitutes for antibiotics in quail farming.

3. Experimentation:

One hundred sixty-two one-day-old quails (*Coturnix coturnix*), weighing 8.6 ± 0.19 g, were randomly divided into two groups of 81 quails each, housed in pens covered with an ample amount of wood shavings. The animals were individually identified using a color code starting from the first week. Each pen was equipped with two drinkers and one feeder. The control group received a basic diet containing 0% probiotics (T), while the other group (P) received a supplementation of 0.2% probiotics in the form of a powder composed of live lactic acid bacteria (*Pediococcus acidilactici*)

added to the basic diet. Live weight and weekly food consumption were recorded, as well as mortalities. The monitoring lasted for forty days.

4. Results:

Regarding live weight, the quails in the control group T received a basic diet (starter + growth). The quails in group P received the same diet with an added probiotic supplement. Both groups were given the same food ration and were kept under the same environmental conditions throughout the trial. The results show a consistent increase in the average weights of the quails in both groups over the 40 days of monitoring. However, at the beginning of the rearing period, from day 7 to day 21, group P displayed a slightly higher average weight compared to group T: (day 7: 0.08%); (day 14: T: 0.89%); (day 21: 0.28%). A higher weight in group P was also observed from day 28 until the end of the trial: day 28 (5.4%); day 35 (T: 5.11%); day 40 (T: 5.99%).

Regarding the average daily gain (ADG), the results show that the ADG of group T was slightly lower than that of group P during the first week (0.55%). Group T had a higher ADG compared to group P on day 14 and day 21; however, both groups recorded lower values compared to day 7 and day 14, respectively. From day 28 to day 40, the ADG values of group P were higher than those of group T. On day 28, the recorded ADG was the highest (12.72%), followed by a decrease in values that stabilized during the last two weeks (9.36%). Overall, the average daily gain for the entire rearing period indicated that group P had a slightly higher value than group T (8.72%).

The analysis of the evolution of daily intake reveals a constant increase for both groups, with slight inter-week variations. Group T shows a daily intake of 178.26 g on day 40, while group P reaches 176.98 g at the same period, an increase of 0.72%. A more detailed comparison of the groups reveals that the intake is generally higher for group T, with an average difference of 1.28 g per week. The maximum and minimum differences are observed on day 28 (4.22 g) and day 7 (0.46 g), respectively. The curves illustrating the evolution of intake indicate a constant increase over time and parallel trends between the two groups, with a slight divergence starting from day 28. Group T recorded a cumulative mortality of 8 individuals. On the other hand, group P registered a cumulative mortality of 10 individuals.

5. discussion:

The average weight results obtained in our trial are close to those obtained by Mohamed and his collaborators, who used two bacterial strains, *B. Toyonensis* ATCC 55050 (B1) and *B. Bifidum* ATCC 29521 (B2). They recorded a significant increase ($P < 0.05$) in live weight in laying quails at 20 weeks of age that received the supplemented diet compared to other groups. Similarly, Abou-Kassem and his collaborators also obtained results showing a significant increase ($P < 0.001$) in quail weights at 21 and 42 days due to probiotics compared to the control group. The combination of *Bacillus toyonensis* [BT] and *Bifidobacterium bifidum* [BB] in one of the experimental groups improved all the zootechnical parameters studied compared to the other groups without supplementation. The use of BT and BB as dietary supplements improved growth performance and meat quality of quails and reduced the proliferation of pathogenic bacteria in their digestive tract and intestines. However, all probiotic-treated groups showed increased weight ($P < 0.001$), regardless of the probiotic used. Similarly, Kasmanin and his collaborators demonstrated that using multi-strain dietary probiotics could improve growth performance and immunocompetence in Japanese quails, as well as increase the weight of organs (spleen, testes, and liver).

In contrast to these results, Naseem and King added different *Lactobacillus* species (*L. rhamnosus*, *L. paracasei*, and *L. plantarum*) to the drinking water of laying hens for eight weeks and found no impact on their body weight. According to the results of Kabir and his collaborators, live weight gains were significantly higher ($P < 0.01$) in experimental broilers (probiotic) compared to the control subjects at all levels during the 4th, 5th, and 6th weeks, both in vaccinated and non-vaccinated broilers, which is similar to our results.

Kazem and his collaborators demonstrated that quails treated with probiotics containing nine different microorganisms: *Aspergillus oryzae*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus thermophilus* PXN, and *Candida pintolopesi* PXN, had higher food consumption from days 14 to 35 compared to the control group. Regardless of their administration methods, quails showed higher live weight gains than control birds without supplementation ($P < 0.05$). The values for duodenum length, villus height, ileum length, and ventral villus height were higher than those of the control group ($P < 0.01$). Probiotics led to deeper crypts and a higher number of goblet cells in the duodenum and ileum compared to the control ($P < 0.01$). Probiotic administration also increased plasma uric acid ($P < 0.05$), glucose, and total protein levels ($P < 0.01$). Hemoglobin concentration was slightly higher in the probiotic-supplemented groups.

Kazem and his collaborators showed that the inclusion of *B. Subtilis* probiotics in the diet significantly improved live weight gain between days 22 and 35 and from days 1 to 35 compared to the control groups of quails. In this study, regardless of the type of probiotic used (*B. subtilis* & *B. subtilis* plus *B. Coagulans*), the diet significantly improved live weight gain compared to the control group, while dietary antibiotics had no significant effect on these parameters compared to the control group. Probiotic administration also increased the feed conversion ratio between days 15 and 35 and from days 1 to 35 ($P < 0.05$), but no significant difference in the feed conversion ratio was observed for probiotics administered through different routes ($P > 0.05$). Similarly, the feed conversion ratio was not influenced by probiotic administration methods.

Contrary to our results, Jeldjerjemoi and his collaborators showed no significant difference in initial live weight between the control and treated groups. Female quails were heavier than males, which is a characteristic. Treatment with a probiotic (*P. acidilactici*) did not significantly affect quail growth. Probiotics did not significantly influence the live weight of females at 55 days of age. According to Murshed and Abudabos, as well as Gheisar and his collaborators, probiotics can improve growth performance by increasing the population of beneficial microorganisms and inhibiting the proliferation of pathogens in the gut microbiota. Probiotic *P. acidilactici* is known to improve broiler growth performance.

However, in the present study, the probiotic alone had no additional effect on quail growth. This aligns with some studies that found no influence of probiotic supplementation on the growth of Japanese quails raised under good conditions. The lack of a significant effect of supplementation on quail growth in our experiment could be attributed to the single bacterial strain of the probiotic, its activity,

the composition of the control diet, and/or environmental conditions, which is similar to the results of our experiment. This study also showed improved food consumption compared to the control group throughout the study period (1 to 35 days). *B. coagulans* probiotic significantly increased food consumption compared to the control diet from days 22 to 35 and from days 1 to 35 ($P < 0.05$).

Mohamed and his collaborators showed that probiotic supplementation did not significantly affect mortality rates. During the experimental period of 8 to 20 weeks, Abou-Kassem confirmed the previous study by showing that no significant difference in mortality was recorded between the probiotic-supplemented groups and the control group during all experimental periods. Finally, Kazem and his collaborators showed that probiotic administration tended to reduce the mortality rate ($P = 0.058$) compared to the control group.

The effect of probiotics on jejunum morphology was studied by Baharampur and his collaborators, who reported an increase in villus height and crypt depth compared to the control group, with the highest villus lengths observed in quails fed *B. subtilis* ($P < 0.05$). Kazem and his collaborators' evaluation of duodenal villus height showed that probiotic administration in the culture led to higher values compared to control quails.

Kabir and his collaborators' study also highlighted that probiotic organisms inhibited certain non-beneficial pathogens by occupying space on the intestinal wall. They also demonstrated that broilers fed probiotics tended to show pronounced intestinal histological changes, such as active mitosis and increased cell nuclear size, compared to animals in the control group. Kazem and his collaborators' results also indicated a slight, non-significant increase in antibody titers in Japanese quails that received probiotics.

Kabir and his collaborators evaluated the effects of probiotics on the sensory characteristics and microbiological quality of broiler meat and reported that probiotic supplementation in their diet improved meat quality before and after freezing.

6. Conclusion:

Over the past decade, new bacterial strains have been selected and incorporated into food products for their ability to modify the nutritional characteristics of these products and to induce beneficial effects on animal health, and consequently, human health.

The results obtained from this trial, aimed at evaluating the effect of the probiotic *Pediococcus acidilactici* on the zootechnical performance of quails, are positive. Our study demonstrated that the use of probiotics in quail farming has beneficial effects on quail productivity. Probiotics improved growth, feed conversion, and disease resistance in quails. They positively influenced live weight and feed intake.

It is recommended to integrate probiotics into the diet of quails to improve their growth and behavior. However, the effectiveness of probiotics can vary depending on various factors, such as the type of probiotic used, the diet, the age of the poultry, and the rearing conditions. Therefore, further research is needed to determine the most effective probiotic strains for quail farming.

In conclusion, the use of probiotics in quail farming offers a promising alternative to antibiotics for improving health and productivity. This could have significant implications for the poultry farming industry, especially in the current context of reducing antibiotic use in farming. However, it would be necessary to conduct larger-scale experiments with several types of probiotics, and possibly a combination of them.