



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida



Université Saad
Dahlab-Blida 1-

Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Évaluation du prébiotique « AVIATOR® » sur les performances zootechniques et
morpho-histométrie intestinale chez le poulet de chair**

Présenté par

Djezzar Othmane

Lalaoui Omar

Devant le jury :

Président(e) :	Berbar A.	Professeur	ISV-Blida 1
Examineur :	Ferrouk M.	MCB	ISV-Blida 1
Promoteur :	Djezzar R.	MAA	ENSV
Co-promoteur :	Gherbi I.	MCB	ISV-Blida 1

Année : 2018/2019

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah Tout-Puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail, merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite et de nous avoir donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous remercions notre promoteur Dr **Djezzar R.** pour l'honneur qu'il nous a fait, de nous avoir encadrés et d'avoir dirigé ce présent travail.

Nous exprimons également nos remerciements à Dr **Berbar A.** d'avoir accepté de présider le jury et à Dr **Ferrouk M.** d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nous remercions monsieur **Aid Nour Eddine** pour ses encouragements et ses conseils.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, ma chère grand-mère, mes sœurs et mon frère Mohamed ;

Pour leur amour, soutien, et encouragements durant toute mes années d'études
que dieu les protège ;

Mon collègue de travail Omar et tous mes amis Ayoub, Bouda, Rahim, Mohamed,
Mayes, Djilali, Pedro, Antar, Adel, Anes, et Younes ;

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour pouvoir réaliser ce travail ;

Tous ceux qui me sont chers ;

Tous ceux qui m'aiment ;

Tous ceux que j'aime ;

Tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

Djezzar Othmane

Dédicace

À mes chers parents, Mhammed et Fatma, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

À mes frères et sœurs pour leur encouragement.

À mes chères amis Housseem, Hocine, Walid, Imad, Abdellah et Karim qui ont toujours été là pour moi.

À mon binôme Othmane et mes amis que j'aime tant, Mohammed, Djilali, Ayoub, Abderrahim, Amayes, Younes, Yasser, Abdelkader, Kouceila, Antar, Adel, Anes, Malek, Nacer, Badr Eddine, Nacer, Mimou...

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

OMAR

Résumé

L'objectif de notre essai est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en prébiotique « AVIATOR® » sur les performances zootechniques, la morphométrie et l'histométrie intestinale chez poulet de chair.

Pour ce faire, deux lots de 7000 poussins chacun de souche Cobb500 ont été élevés durant 42 jours dans les mêmes conditions d'élevage. Le 1^{er} lot recevait un aliment additionné à un prébiotique naturel à base de parois de *saccharomyces Cerevisiae* « AVIATOR® » à raison de 500g /tonne d'aliment, et le 2^{ème} lot témoin recevait le même aliment mais sans prébiotique.

Les résultats ont montré que l'addition du prébiotique à l'aliment a induit une amélioration et un effet positif sur les performances zootechniques, à savoir sur le poids vif moyen, l'indice de consommation, la consommation de l'aliment et la mortalité. Quant à son impact sur la morphométrie et l'histométrie intestinale, les résultats ont révélé une augmentation de la surface intestinale, et surtout des volumes des villosités intestinales prétextant une plus grande surface d'absorption intestinale. De tels résultats suggèrent un effet positif du prébiotique « AVIATOR® » qu'il devient intéressant d'explorer d'avantage.

Mots clés : prébiotique, *Saccharomyces Cerevisiae*, poulet de chair, performances zootechniques, morphométrie, histométrie.

الملخص

الهدف من تجربتنا هو تقييم تأثير مكملات الغذاء البريبيوتك «®AVIATOR» على أداء نمو الدجاج، قياس التشكل وقياس الأنسجة المعوية عند دواجن اللحم.

للقيام بذلك، تم رفع تربية دفعتين من 7000 كتكوت من سلالة (COBB 500) لمدة 42 يومًا في نفس ظروف التربية.

استلمت الدفعة الأولى طعامًا مُكملاً بالبريبيوتك الطبيعي المستخلص من اغشية SACRIVICIA Cerevisiae بمعدل 500 جم / طن من المواد الغذائية ، بينما تلقت الدفعة الثانية نفس الطعام ولكن دون وجود بريبيوتك.

أظهرت النتائج أن إضافة البريبيوتك إلى الغذاء أدى إلى تحسن وأثر إيجابي على أداء نمو الدجاج، أي على متوسط الوزن الحي ومؤشر الاستهلاك واستهلاك العلف والوفيات. أما بالنسبة لتأثيرها على قياس التشكل وقياس الأنسجة المعوية، فقد كشفت النتائج عن زيادة في سطح الأمعاء، ولا سيما حجم الزغبات المعوية، وبالتالي سطح امتصاص معوي أكبر. هذه النتائج تشير إلى وجود تأثير إيجابي للبريبيوتك «®AVIATOR» الذي أصبح من المثير للاهتمام استكشافه أكثر.

الكلمات المفتاحية: البريبيوتيك ، SACRIVICIA Cerevisiae ، دواجن اللحم ، أداء نمو ، قياس التشكل المعوي ، قياس الأنسجة المعوية.

Abstract

The objective of our trial is to evaluate the impact of AVIATOR® prebiotic dietary supplementation on zootechnical performance, intestinal morphometry and histometry in broiler chicken.

Two lots of 7000 chicks each of the Cobb500 strain were reared for 42 days under the same conditions. The 1st lot received a food with a natural prebiotic containing *Saccharomyces cerevisiae* "AVIATOR®" walls at 500g/tonne of feed, and the 2nd control received the same food but without prebiotics.

The results showed that the addition of prebiotic to the food led to an improvement and a positive effect on animal performance, namely on average live weight, consumption index, food consumption and mortality. As for its impact on morphometry and intestinal histometry, the results revealed an increase in the intestinal surface, and especially in the volumes of intestinal villi claiming a larger area of intestinal absorption. Such results suggest a positive effect of the "AVIATOR®" prebiotic that it becomes interesting to explore further.

Keywords: prebiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, broiler chicken, zootechnical performance, intestinal morphometry, histometry.

Liste des tableaux

Tableau 1: Les principales Microorganismes à effet probiotique.....	17
Tableau 2: Effets positifs des prébiotiques sur la santé.....	21
Tableau 3: Composition de l'alimentation par phase d'élevage.....	29
Tableau 4: Programme de prophylaxie médicale pour les 2 lots.....	30
Tableau 5: Traitements administrés dans l'eau de boisson aux animaux du lot T.....	30
Tableau 6: Paramètres zootechniques selon les phases d'élevage.....	38
Tableau 7: Evolution du nombre et du pourcentage de mortalité au cours de période d'élevage.....	41
Tableau 8: Longueurs moyennes des intestins des 2 lots.....	42
Tableau 9 : Hauteur moyenne des villosités intestinales au niveau des trois portions de l'intestin chez les sujets des deux lots.....	44
Tableau 10 : Volume moyen des villosités intestinales (mm ³) mesuré au niveau de duodénum, jéjunum et l'iléon chez le lot prébiotique et le lot témoin.....	45

Liste des figures

Figure 1: Squelette du coq (genre Gallus).....	6
Figure 2: Structure anatomique du tractus digestif.....	7
Figure 3 Aspect morphologique du gésier et proventricule du poulet.....	10
Figure 4: Intestin des volailles (D. Villate, 2001).....	12
Figure 5: Vues (extérieure et intérieure) des bâtiments d'élevage.....	26
Figure 6: Système de ventilation dynamique (Pad-Cooling et grands extracteurs).....	27
Figure 7: Lot témoin.....	27
Figure 8: Lot expérimental.....	27
Figure 9: Mise en place des poussins.....	28
Figure 10: Prébiotique « AVIATOR® ».....	29
Figure 11: Réalisation de pesée.....	31
Figure 12: Mesure de la longueur des intestins.....	33
Figure 13: Tissus dans des bains d'alcool de concentration croissante.....	34
Figure 14: Réalisation des coupes histologiques par le microtome.....	35
Figure 15: coupe histologique au bain.....	35
Figure 16: séchage des lames.....	35
Figure 17: Coloration des lames.....	36
Figure 18: Fixation par la résine.....	36
Figure 19: Mesure des dimensions des villosités intestinales.....	37
Figure 20: Consommation d'aliment des 2 lots.....	39
Figure 21: Représentation graphique de l'évolution pondérale des 2 lots.....	40
Figure 22: Représentation graphique de l'indice de consommation des 2 lots.....	40
Figure 23: Taux de mortalité dans les 2 lots	41
Figure 24: Morphométrie intestinale des 2 lots.....	43
Figure 25: Cas de mortalité.....	42

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

APEC: Avian Pathogenic Escherichia coli

Cm : Centimètre

FAO: Food and Agriculture Organization

FOS : fructo-oligosaccharides

Gr : Gramme

HE: Huiles essentiels

HCl: *Acide chloridrique*

IC : Indice de consommation

IgA: Immunoglobuline A

Kg: Kilogramme

MOS : Mananes-oligosaccharides

OMS : *Organisation mondiale de la Santé*

TMI : *Taille moyenne d'intestins*

UFC : *Unité formant colonie*

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé en français	
Résumé en arabe	
Résumé en anglais (Abstract)	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

Sommaire

I. Introduction.....	1
II. Synthèse bibliographique.....	2
CHAPITRE 1 : NOTION D'AVICULTURE.....	2
1. Définition :.....	2
2. Développement de l'aviculture.....	2
2.1. Dans le monde.....	2
2.2. En Algérie.....	3
3. L'évolution de l'aviculture en Algérie.....	4
Chapitre 2 : Anatomie du poulet de chair.....	6
1. Rappels anatomiques :	6
1.1 Squelette.....	6
1.2 La musculature :	6
1.3 Appareil digestif des oiseaux :	6
1.3.1 Bec et langue :	7
1.3.2 Glandes salivaires :	8
1.3.3 Œsophage :	8
1.3.4 Jabot :	8
1.3.5 Estomacs :	9
1.3.6 Intestin :	10

1.3.7 Glandes annexes.....	12
1.4 Appareil respiratoire :	12
1.5 Appareil génital :	13
1.5.1 Appareil génital mâle :	13
1.5.2 Appareil génital femelle.....	13
Chapitre 3 : Antibiotiques et additifs alimentaires naturels.....	14
1. Les antibiotiques.....	14
1.1 Définition et caractéristiques.....	14
1.2 Les risques liés à l'utilisation d'antibiotiques.....	14
2. Les additifs alimentaires naturels.....	15
Chapitre 4 : Probiotique, Prébiotique et symbiotique.....	16
1. Les probiotiques.....	16
1.1 Définition	16
1.2 Les principales souches probiotiques.....	16
1.3 Doses et modes d'administration des probiotiques.....	17
1.4 Mode d'action des probiotiques.....	18
2. Prébiotiques.....	20
2.1 Définition.	20
2.2 Rôle des prébiotiques	20
2.3 Effets des prébiotiques.....	21
2.4 Principaux prébiotiques utilisés en production aviaires.....	21
3. Symbiotiques.....	22
Chapitre 5 : Huiles essentielles et acides organiques.....	24
1. Les huiles essentielles.....	24
2. Les acides organiques.....	24
2.1 Mode d'action.	24
2.2 Effets métaboliques et biologiques.....	25
III. MATERIELS ET METHODES.....	26

1. Période et lieu de l'étude.....	26
2. Matériels.....	26
2.1 Animaux.....	26
2.2 Bâtiment et équipement.	26
2.3 Conduite d'élevage.....	27
2.4 Température et hygrométrie.....	27
2.5 Mise en place des animaux.....	27
2.6 Litière.....	28
2.7 Aliment.....	28
2.8 Eau de boisson	30
2.9 Programme de prophylaxie médicale.....	30
3. Méthodes.....	31
3.1 Protocole expérimental.....	31
3.2 Evaluation des performances zootechniques.....	31
3.2.1 Détermination du poids moyen et gain de poids.....	31
3.2.2 Détermination de la consommation moyenne d'aliment.....	32
3.2.3 Détermination de l'indice de consommation.....	32
3.3 Évolution de la mortalité.....	32
3.4 Étude de la morphométrie et de l'histométrie intestinale.....	32
3.4.1 Etude de la morphométrie intestinale.....	32
3.4.2 Histométrie intestinale.....	33
3.5 Etude statistique.....	37
IV. Résultats.....	38
1. Effet du prébiotique Aviator sur les paramètres zootechniques des poulets des lots témoin et expérimental.....	38
1.1 Effet sur l'ingéré alimentaire.....	38
1.2 Effet sur le poids vif moyen des animaux.....	39
1.3 Effet sur l'indice de consommation.....	40
2. Effet sur la mortalité.....	41

3. Morphométrie intestinale.....	42
4. Effet sur la l’histomorphométrie.....	43
4.1. Effet sur la hauteur des villosités intestinales.....	43
4.2. Effet sur le volume des villosités intestinales.....	44
V. Discussions.....	46
1. Paramètres zootechniques.....	46
1.1 Effet sur le poids vif moyen et gain de poids.....	46
1.2 L’ingéré alimentaire.....	46
1.3 Indice de consommation.....	46
1.4 Taux de mortalité.....	46
2. Effet sur la morphométrie intestinale.....	47
3. Effet sur l’histométrie intestinale.....	48
VI. Conclusion.....	49
VII. Liste des références.....	50

I. Introduction

En aviculture, la thérapie antimicrobienne est un outil indispensable pour réduire les énormes pertes dans l'industrie de la volaille, provoquées par les infections bactériennes.

Les antibiotiques ont été largement utilisés pour la production animale pendant des dizaines d'années dans le monde entier. Ajoutés en petites quantités dans les aliments, ils améliorent le potentiel de croissance. Toutefois, devant l'émergence de microbes résistants aux antibiotiques utilisés pour soigner des infections humaines ou animales ("résistance antimicrobienne"), la commission Européenne, s'appuyant sur des avis du comité scientifique, a décidé d'interdire les antibiotiques facteurs de croissance dans l'alimentation des animaux depuis le 1er janvier 2006 (**Commission européenne, 2005**).

L'utilisation d'antibiotiques à des niveaux subthérapeutiques a été la stratégie la plus populaire et probablement la plus efficace pour améliorer l'efficacité alimentaire et garder les animaux en bonne santé. Cependant, une telle pratique a été fortement critiquée en raison de l'émergence de la résistance aux antibiotiques et de sa propagation potentielle aux pathogènes humains (**Marshall et Levy, 2011**).

Face à l'urgence de trouver de nouvelles thérapies, de préserver les antibiotiques existants et limiter la progression des résistances dans l'environnement, de nouvelles alternatives naturelles aux antibiotiques sont proposées, notamment les probiotique, prébiotique, huiles essentielles, acides organiques et autres extraits de végétaux (**Dorman et Deans, 2000**).

Les alternatives aux antibiotiques doivent être à la fois efficace sur le plan zootechnique, sanitaire et économique.

C'est dans ce contexte que la présente étude se propose comme une contribution à l'utilisation d'un prébiotique à base de paroi de levure « *Saccharomyces Cerevisiae* » (AVIATOR®) comme alternative aux antibiotiques. Pour répondre à cet objectif, nous avons tenté d'évaluer :

- 1) Les performances zootechniques.
- 2) La morphométrie et l'histométrie intestinale.

II. Synthèse bibliographique

CHAPITRE 1 : NOTION D'AVICULTURE

1. Définition

L'aviculture désigne toutes les sortes d'élevage des oiseaux ou de volailles, particulièrement les gallinacés (Poule, dinde, pintade, caille, faisans), colombidés (pigeons) et les palmipèdes (canard et oie) qui sont concernés par l'aviculture utilitaire.

Ces derniers sont domestiqués et exploités dans le but d'en tirer une production de viande et d'œufs qui par leur valeur biologique en protéines représentent une part importante de la nourriture de l'Homme.

2. Développement de l'aviculture

2.1. Au Monde

Le développement rapide au cours des cinquante dernières années a fait que l'aviculture est aujourd'hui une véritable industrie répandue mondialement obéissant à des normes spécifiques.

Dans les pays industrialisés, du stade de produit traditionnel secondaire aux productions agricoles ou des phases de production (reproduction, incubation, élevage des jeunes, production d'œufs) se déroulaient dans un même endroit et /ou les poulets et les œufs étaient considérés comme des produits de luxe. L'aviculture est devenue une aviculture rationnelle caractérisée par sa spécialisation permettant une meilleure productivité grâce à un emploi plus efficace des facteurs de production ainsi qu'à l'obtention de bonnes conditions sanitaires.

Les différentes phases d'élevage sont pratiquement indépendantes divisant la profession avicole en :

- Sélectionneurs.
- Multiplicateurs
- Accoueurs.
- Eleveurs de poulet de chair.
- Eleveurs de poules pondeuses.

Le décomposition des différentes phases de production avicole et la concentration en grands troupeaux élevés dans des conditions de plus en plus contrôlées , ont permis la mécanisation du travail et ont obligé les professionnels avicoles à une planification poussée de la production

Cette dernière s'est traduite par un processus de concentration économique appelé intégration dans laquelle le producteur éleveur reste propriétaire de ses moyens de production, alors tout est transféré à l'entreprise intégratrice (abattoirs et autres entreprises en aval de la production avicole comme les conditionneurs d'œufs).

En raison des marges de plus en plus réduites, le développement de l'aviculture se réalise le plus souvent par l'agrandissement des entreprises existantes. Le nombre d'élevages moyens a diminué fortement au profit des entreprises de 20000 sujets pour le poulet de chair et de 15000 à 25000 sujets pour les pondeuses (Economie d'échelle).

Une telle évolution a fait passer les poulets de leur rang de produits de luxe à celui de produits de consommation courante.

2.2. En Algérie :

L'aviculture algérienne était essentiellement fermière, traditionnelle et sans organisation particulière au lendemain de l'indépendance. La consommation des Algériens en produits d'origine animale et particulièrement avicole était très faible, par rapport aux normes recommandées par les organismes mondiaux notamment la FAO et l'OMS. D'après FENARDJI (1990) 23, une enquête effectuée par le Ministère de la planification et de l'aménagement du territoire en 1979-1980 estimait à 13,40 gr par jour les protéines animales dans la ration alimentaire, alors que les recommandations de la FAO-OMS pour les pays en voie de développement la fixait à 16 gr/j. Cette insuffisance en protéines animales se faisait ressentir de plus en plus avec la croissance démographique, l'exode rural vers les grandes villes du pays, le délaissement de l'activité agricole par les Algériens au profit de secteur secondaire et de secteur tertiaire et les prix très élevés des viandes rouges. Durant les années 80, et dans le but de répondre à la demande nationale en augmentation continue et réduire la facture des importations en produits avicoles finis, l'Algérie a opté pour la modernisation du secteur et le développement de l'aviculture à grande échelle et de façon intensive (**FENARDJI, 1990**).

3. Évolution de l'aviculture en Algérie

3.1- De 1962 à 1969

L'agriculture algérienne a été marquée durant cette période par l'expérience de l'autogestion et une politique de reconversion partielle de l'appareil productif national. Pour la filière avicole elle était essentiellement fermière, la production avicole dans sa quasi-totalité reposait essentiellement sur l'élevage familial et quelques exploitations et unités de petite envergure. La production dans cette période est loin de satisfaire la demande nationale puisque la consommation annuelle en viande blanche est de l'ordre de 250 g par habitant.

3.2-De 1969 à 1979

L'objectif principal assigné à l'agriculture dans la stratégie de développement national planifié est de satisfaire la demande nationale en produits alimentaires. Cette demande qui est en croissance continue ne permet pas de dégager un surplus exportable. Dans cette période, il est à souligner l'existence de deux secteurs juridiques de production :

a- le secteur autogéré

Il pratiquait essentiellement l'élevage du poulet de chair, mais sa participation dans la production nationale est très faible ;

b- le secteur privé

Il détient la grande partie de la production nationale puisqu'il détient : - une capacité d'incubation estimée durant cette période à 75% de la capacité nationale ; - une production en poulet de chair estimée à 75% de la production nationale en 1979 ; - une production en œufs de consommation estimée à 55% de la production nationale (**FENARDJI, 1990**).

3.3 De 1980 à 1990

L'aviculture a connu un développement remarquable en relation avec les politiques avicoles incitatives mises en œuvre, à l'origine leur mise en place a reposé sur une approche volontariste de l'état qui a opté pour le développement d'une production avicole intensive (**Ferrah, 2005**).

3.4 De 1990-2000

Cette période caractérisée par la mise en œuvre de réformes économiques dans le sens du passage d'une économie planifiée à une économie de marché.

3.5 Depuis 2001

Les entreprises publiques impliquées dans les filières avicoles font de nouveau l'objet d'une troisième restructuration orientée vers la concentration des actifs envisagés dans le cadre de l'application de l'ordonnance du 20 août 2001 relative à l'organisation, la gestion et la privatisation des entreprises publiques. Cette ordonnance a permis le regroupement des actifs publics en groupes industriels. Dans cette optique, les entreprises publiques furent fusionnées pour donner naissance à des groupes industriels **(Mohammed, 2015)**.

Chapitre 2 : Anatomie du poulet de chair

1. Rappels anatomiques

1.1 Squelette

Les principales adaptations du squelette des oiseaux résultent de son allègement et de la simplification de ses structures. Sa forme est homogène et ramassée pour la plupart des oiseaux. Les variations sont le plus souvent affaire de détails anatomiques liés aux spécialisations alimentaires : longueur et forme des pattes, du bec et du cou (**Guérin et al, 2011**).

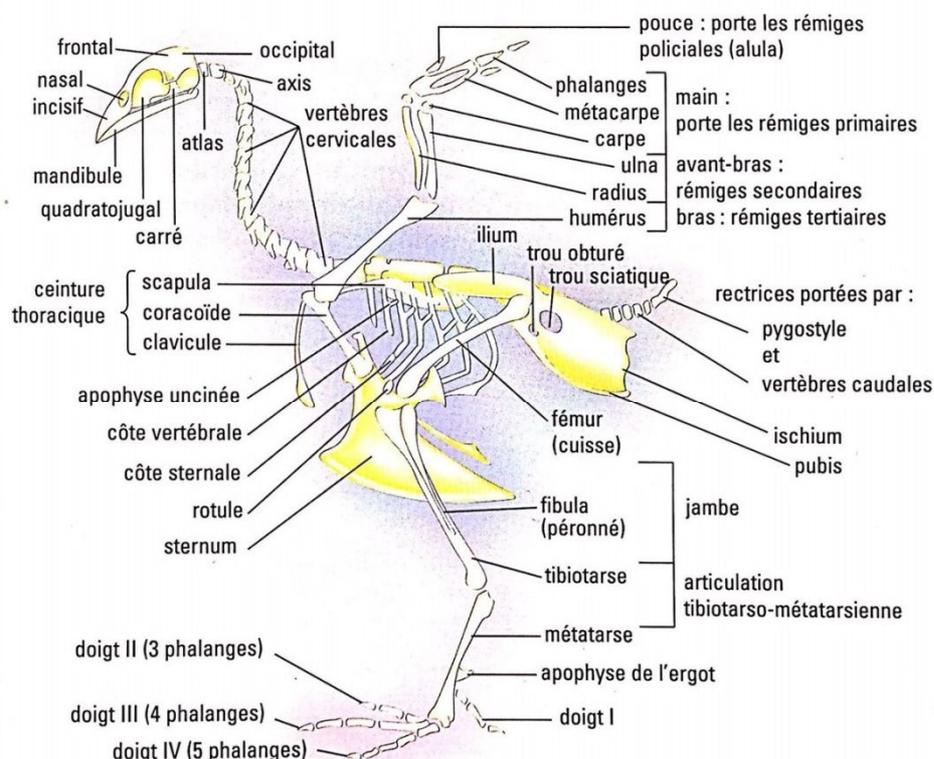


Figure 1: Squelette du coq (genre Gallus)

1.2 La musculature

Les muscles alaires (le blanc de volaille) représentent une part importante de la masse musculaire des volailles.

Les muscles sont blancs (rose clair) ou rouges, voire de couleur intermédiaire, les muscles blancs sont propres aux mouvements rapides et fugaces et les muscles rouges sont beaucoup plus durants (**Villate, 2001**).

1.3 Appareil digestif

L'appareil des oiseaux est constitué de l'ensemble des organes qui assurent la préhension, le transport, la digestion et l'excrétion des aliments en vue de leur assimilation. Il comprend la cavité buccale, avec la langue et les glandes salivaires, l'œsophage, l'estomac, l'intestin et les glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas) (Figure 2) (Larbier et Leclercq, 1992).

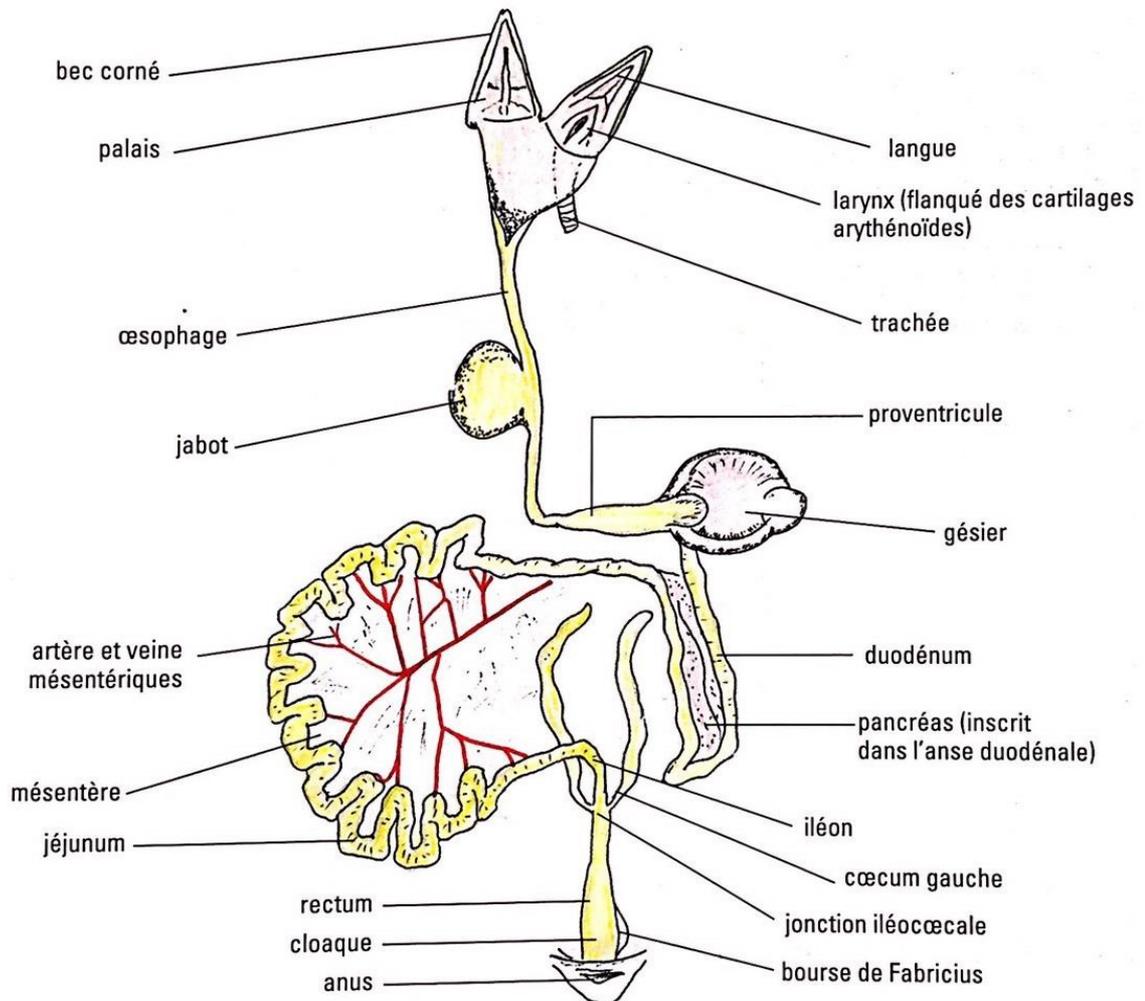


Figure 2: Structure anatomique du tractus digestif (Vilatte ,2000)

1.3.1 Bec et langue

Le bec est formé de deux parties cornées (rhamphothèque ou rostrum) recouvrant les parties osseuses de la mâchoire (bec supérieur) et de la mandibule (bec inférieur). Il est moulé sur le squelette dont il épouse la forme, et est pointu chez les gallinacés et spatulé chez les oies et les canards. Il est dur et épais, surtout à son extrémité (culmen) et sur les bords (tomies). La partie cornée croît constamment et s'use par frottement. Si la mandibule ou la mâchoire sont brisée, la partie intacte peut subir un allongement considérable.

Le bec supérieur des poussins et de tous les oiseaux nouveau-nés possède une « dent » cornée sur sa face externe. C'est le « diamant », organe de l'éclosion qui sert à percer la coquille de l'œuf et qui tombe au bout de quelques jours. Le bout du bec peut être très sensible au niveau de l'onglet chez les palmipèdes ; il sert à la préhension des aliments. Il est parfois pourvu de lamelles cornées sur ses bords chez les oies et les canards. Ces lamelles retiennent les particules alimentaires par filtration de l'eau. La tête des oiseaux est ainsi très légère car ils n'ont plus de mâchoires et ont perdu les dents de leurs ancêtres reptiliens. Ils saisissent leur nourriture avec leur bec, dont l'aspect varie en fonction du régime alimentaire, et ils l'avalent directement sans la mâcher, ce qui entraîne des adaptations précises de l'appareil digestif (estomac musculeux). La langue a une forme variable selon les groupes et le régime alimentaire **(Guérin et al, 2011)**.

1.3.2 Glandes salivaires

Les glandes salivaires des oiseaux sont plus nombreuses mais moins développées que celles des mammifères. Elles sont bien représentées chez les oiseaux granivores comme la poule, et peuvent contenir un équipement enzymatique préparant la digestion des sucres dans le jabot (amylase). Leur rôle consiste essentiellement à la lubrification des aliments avant leur ingestion et à l'humidification du gosier. Elles participent ainsi à la régulation thermique des oiseaux par évaporation de l'eau lors des polypnées thermiques ou halètement ou lors des mouvements gulaires très particuliers propres à certaines espèces comme les pigeons ou les canards **(Guérin et al, 2011)**.

1.3.3 Œsophage

C'est un tube qui présente parfois un renflement plus ou moins accentué, le jabot, un véritable jabot n'existe que chez les Galliformes et les Colombidés, il sert de réservoir pour la nourriture. L'œsophage est tapissé dans toute sa longueur d'une muqueuse aux plis longitudinaux très marqués **(Alamargot, 1982)**.

1.3.4 Jabot

Chez beaucoup d'oiseaux, le jabot est un organe bien individualisé, sous forme d'un renflement constant placé devant la fourchette claviculaire. Il est très variable dans sa forme et son activité glandulaire sécrétoire :

Chez les gallinacés, c'est une poche palpable sous la peau à la base du cou et calée sur la fourchette.

Chez les colombidés, l'œsophage est à la fois très extensible et muni d'un jabot sécrétoire à deux lobes qui fabrique, en période de reproduction, dans les deux sexes, une substance très nutritive : le lait de jabot, dont se nourrissent les pigeonneaux.

Chez les oies et les canards, une dilatation fusiforme de l'œsophage tient lieu de jabot. Ce n'est pas un jabot sensu stricto. Chez le canard destiné au gavage, il faut donc « former » le jabot par un plan de rationnement horaire avant gavage, pour qu'il puisse recueillir la ration optimale de maïs à chaque repas de gavage.

Le jabot est au repos complet lors des prises de nourriture (**Guérin et al, 2011**).

1.3.5 Estomacs

1.3.5.1 Proventricule

Il contient des glandes digestives dont la sécrétion imprègne les aliments avant qu'ils ne subissent un broyage mécanique dans le gésier. La paroi du ventricule succenturié des carnivores et des piscivores est moins épaisse et plus riche en fibres musculaires et élastiques. Elle est alors très extensible.

Le proventricule est le lieu de la sécrétion de pepsine et d'HCl. Il contient des glandes digestives dont la sécrétion imprègne les aliments avant qu'ils ne subissent un broyage mécanique dans le gésier (**Moran, 1985**).

1.3.5.2 Gésier

C'est l'organe broyeur. Il est compact et volumineux (Figure 3) (6 à 8 cm de long, avec un poids d'environ 50 g vide et 100 g plein). Il cumule les fonctions de mastication absentes chez les oiseaux. Il est situé légèrement à gauche dans la cavité abdominale, partiellement coiffé par le foie sur son bord crânial. Palpable au travers de la paroi abdominale. Il partage longitudinalement la cavité abdominale en deux compartiments ce qui lui a valu parfois le nom « diaphragme vertical » (**Brugere, 1992**).



Figure 3: Aspect morphologique du gésier et proventricule du poulet (**Villate 2001**)

Les volailles ont ainsi 2 estomacs : un estomac « chimique » et un estomac broyeur, très musculéux (**Guérin et al, 2011**).

1.3.6 Intestin

1.3.6.1 Duodénum

Le duodénum est la portion de l'intestin qui fait suite l'estomac. Il débute au pylore puis forme une grande anse qui enserre le pancréas. Le duodénum reçoit deux ou trois canaux pancréatiques et deux canaux biliaires au niveau d'une même papille (**Villate. 2001**).

1.3.6.2 Jéjunum

Il est divisé en deux parties :

L'une proximale qui est la plus importante : tractus du Meckel. Petit nodule, est parfois visible sur le bord concave de ses courbures.

L'autre distale qui s'appelle l'anse supra duodénale.

1.3.6.3 Iléon

Il est court et rectiligne, son diamètre et sa longueur sont variables en fonction des espèces.

1.3.6.4 Caecums

Un caecum se présente comme un sac qui débouche dans le tube intestinal à la jonction de l'iléon et du rectum au niveau d'une valvule iléocæcale. Lorsqu'ils existent, ils sont toujours pairs, ils sont accolés à la partie terminale de l'iléon par un méso. Ils sont en rapport ventralement avec l'anse duodénale et dorsalement avec la portion moyenne de l'iléon. Bien développés chez la poule. Absents chez les perroquets diurnes, et les pigeons (**Villate. 2001**).

1.3.6.5 Rectum

Le rectum fait suite à l'iléon et débouche dans le cloaque. Le diamètre du rectum est à peine plus grand que celui de l'iléon. A l'inverse des mammifères, le rectum des oiseaux présente des villosités. Il réabsorbe l'eau de son contenu (fèces et urines).

1.3.6.6 Cloaque

Le cloaque est la partie terminale de l'intestin dans laquelle débouchent les conduits urinaires et génitaux. Il est formé de trois séparées par deux plis transversaux plus ou moins nets.

Coprodéum Il est large et collecte les excréments, c'est une dilatation terminale du rectum, la portion la plus crânial du cloaque, C'est dans le coprodéum que s'accumulent les fèces et les urines avant leur émission.

Urodénum Segment moyen du cloaque. Dans sa paroi dorsale débouchent 2 uretères ainsi que les deux canaux déférents chez le mâle ou l'oviducte chez la poule.

Proctodénum il s'ouvre à l'extérieur par l'anus. C'est le segment caudal du cloaque.

Chez quelques espèces, il renferme ventralement un pénis. Chez tous les jeunes oiseau, il est relié dorsalement à la bourse de Fabricius avec laquelle il peut communiquer par un canal.

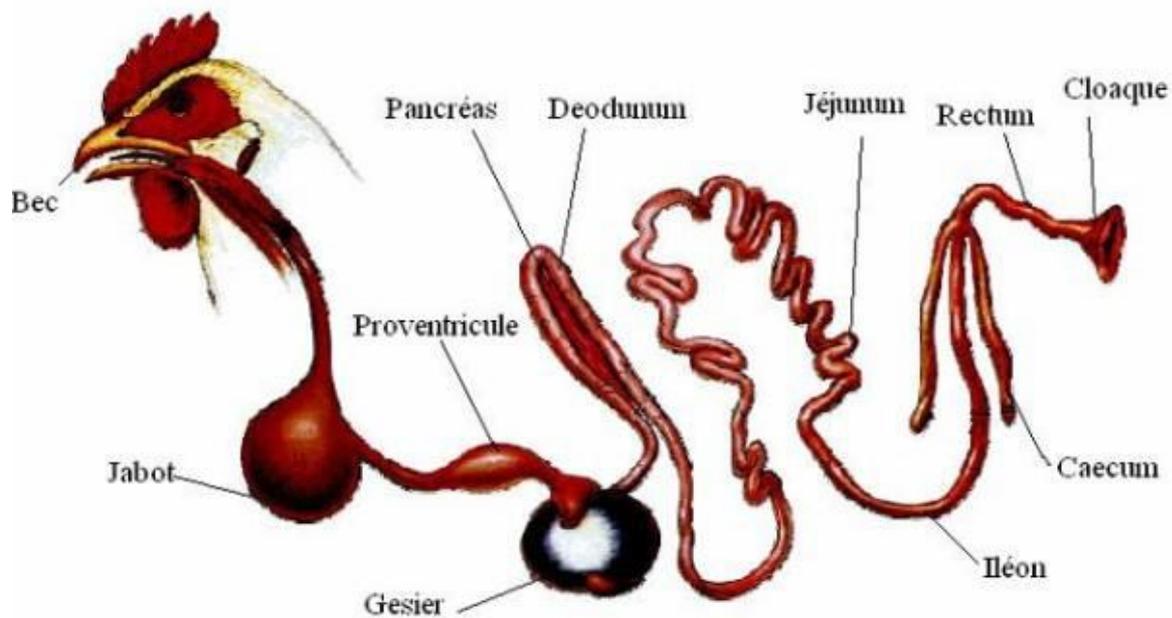


Figure 4: Intestin des volailles (D. Villate, 2001)

1.3.7 Glandes annexes

1.3.7.1 Pancréas

Le pancréas est une glande amphicrine, compacte, blanchâtre ou rougeâtre, enserrée dans l'anse duodénale. Le pancréas est issu de trois ébauches séparées qui se constituent en deux lobes (un lobe ventral et un lobe dorsal). Le suc pancréatique se déverse dans le duodénum par deux ou trois canaux qui s'abouchent au même niveau que les canaux hépatiques (Alamargot, 1982).

1.3.7.2 Foie

Le foie est un organe volumineux rouge sombre. C'est la glande la plus massive de tous les viscères (33 g environ chez la poule). Il est constitué de deux lobes réunis par un isthme transversal qui renferme partiellement la veine cave caudale (Alamargot, 1982).

1.4 Appareil respiratoire

L'appareil respiratoire fait partie des particularités anatomiques remarquables des oiseaux. Chez les mammifères, les poumons ont une structure bornée en cul-de-sac, qui implique un mouvement de va-et-vient de l'air, corrélé à une souplesse de la cage thoracique et du parenchyme pulmonaire. Chez les oiseaux, la cage thoracique et le parenchyme pulmonaire sont très rigides. Le mouvement respiratoire le plus perceptible est un abaissement du sternum, qui mobilise le thorax et l'abdomen.

Toutes ces modifications essentielles sont liées aux exigences du vol : consommation importante en oxygène, thermorégulation, allègement du corps.

L'appareil respiratoire des oiseaux peut être divisé en trois parties :

- Les voies respiratoires extra pulmonaires (narines ou choanes, fosses nasales, sinus infraorbitaire, syrinx et trachée) ;
- Les poumons et l'arbre bronchique ;
- Les sacs aériens, caractéristique anatomique des oiseaux.

1.5 Appareil génital

1.5.1 Appareil génital mâle

Les testicules sont situés dans la cavité abdominale de part et d'autre de l'aorte caudale sous le pôle crânial du rein. Ils sont en forme de haricots, d'un blanc laiteux, le testicule droit étant légèrement plus crânial que le gauche. L'épididyme est moins développé que chez les mammifères. Leur volume et leur poids varient selon la saison. Chez le Coq, de 1 cm de long sur 0,5 cm de large au repos, ils peuvent atteindre 5 cm sur 2,5 cm en période d'activité sexuelle. Chez le Canard, leurs dimensions passent de 1 cm x 0,5 cm au repos à 8 cm x 4,5 cm en activité. L'organe copulateur est très réduit. Certains oiseaux ont un pénis (ratites, ansériformes) **(Degueurce et al, 2015).**

1.5.2 Appareil génital femelle

L'ovaire de la poule est très différent de celui des mammifères. Il est présent seulement du côté gauche, le droit formant un testicule atrophié, inhibé par les hormones sécrétées par le gauche. L'ovaire gauche forme une grappe avec quatre à cinq follicules proches de la maturité et des centaines de petits follicules immatures ; la couleur jaune des follicules matures est liée à la présence du jaune composé de protéines et de lipides fabriqués dans le foie et apportés par la circulation sanguine. Les follicules matures présentent une bande avasculaire, le stigma, qui marque la zone où le follicule se rompra. Après l'ovulation, le follicule forme un fin sac vide, le follicule post-ovulatoire, qui régresse chez la poule au bout d'environ 10 jours. L'oviducte reçoit l'œuf et assure sa formation. A la différence des mammifères, il n'y a pas de corps jaune **(Degueurce et al, 2015)**

Chapitre 3 : Antibiotiques et additifs alimentaires naturels

1. Antibiotiques

Le mot « antibiotique » a été proposé la première fois par Sleman Waksman, un pionnier du criblage des sols et découvreur de la streptomycine (**Davies, 2010**).

1.1 Définition et caractéristiques

Sa définition se basait sur l'application d'un composé chimique, par exemple, son utilité ou un effet de laboratoire. Toutefois, les fonctions ou la classe du composé n'étaient pas prises en compte. Depuis ce temps, le terme « antibiotique » a été interprété de multiples façons, cependant la définition la mieux acceptée est un composé d'origine biologique qui a le pouvoir d'inhiber ou de tuer des microorganismes en interagissant spécifiquement avec leur cible, sans égard pour la classe ou l'origine du composé (**Davies, 2010**).

Lorsqu'un antibiotique a la capacité d'induire la mort cellulaire, celui-ci est décrit comme étant bactéricide. D'autre part, un antibiotique qui peut seulement inhiber la croissance cellulaire est considéré comme bactériostatique. Afin d'induire l'un ou l'autre de ces effets, les antibiotiques agissent sur des cibles cellulaires spécifiques. Les cibles bactériennes les plus communes sont la synthèse protéique, l'ADN et la paroi ou les membranes cellulaires. Néanmoins, un modèle d'étude en émergence dicte que l'action bactéricide de certains antibiotiques est causée par leur capacité à stimuler la production de radicaux hydroxyles, ce qui cause un stress oxydatif entraînant des dommages cellulaires aux bactéries, et ultimement leur mort (**Kohanski et al, 2007**).

Il reste que chez plusieurs classes d'antibiotiques, le mécanisme d'action n'est pas encore complètement élucidé (**Kohanski et al, 2010**).

1.2 Les risques liés à l'utilisation d'antibiotiques

Les antibiotiques représentent, de très loin, la classe des médicaments la plus employée à l'heure actuelle, en médecine humaine comme en médecine vétérinaire. En effet, l'utilisation intensive des antibiotiques, notamment en médecine vétérinaire, pose de sérieux problèmes d'autant plus que les bactéries devenues résistantes peuvent être pathogènes pour l'homme. L'émergence de bactéries présentant des résistances, parfois multiples, aux antibiotiques est une préoccupation majeure de santé publique. Peu d'études permettent d'appréhender le devenir des antibiotiques dans l'environnement et leur effet éventuel sur les communautés microbiennes. De même si de nombreuses études ont montré l'importance des réservoirs

humains et animaux dans la sélection de ces bactéries, peu de travaux ont été initiés sur le devenir des bactéries antibiorésistances, et des gènes correspondants, dans les environnements aquatiques et telluriques (**Eurin, 2008**).

Les risques de résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires provenant des animaux traités constituent un risque potentiel non négligeable pour le consommateur, du fait notamment de leurs effets allergisants et de l'induction de résistances bactériennes (**Fontaine, 1992**).

2. Les additifs alimentaires naturels

Substances, micro-organismes ou préparations, autres que matières premières et pré mélangés en alimentation animale, qui sont intentionnellement ajoutés aux aliments ou à l'eau en vue de réaliser, en particulier, une ou plusieurs des fonctions suivantes :

Avoir un effet positif sur les caractéristiques des aliments ;

Avoir un effet positif sur les caractéristiques des produits d'origine animale ;

Avoir un effet positif sur la couleur des poissons et oiseaux d'ornement ;

Répondre aux besoins nutritionnels des animaux ;

Avoir un effet positif sur les conséquences environnementales de la production animale ;

Avoir un effet positif sur la production, les résultats obtenus ou le bien-être des animaux, notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux ;

Avoir un effet coccidiostatique ou histomonostatique.

Les additifs alimentaires sont ajoutés aux denrées alimentaires commerciales destinés à l'alimentation animale, dans le dessein d'améliorer leur conditionnement, leur fabrication, leurs propriétés de conservation, leur arôme, leur couleur, leur texture, leur apparence ou de rendre leur consommation plus pratique. Ils sont en particulier susceptibles d'améliorer l'efficacité des rations (**Guide UE, 2007**).

Chapitre 4 : Probiotique, Prébiotique et symbiotique

1. Probiotiques

1.1 Définition

Les aliments fermentés sont conseillés, depuis des siècles, comme étant sains et bénéfiques pour la santé.

De nombreux travaux ont montré l'efficacité de certaines souches de bactéries lactiques sur la microflore intestinale entraînant ainsi une amélioration de l'hygiène digestive.

Le terme probiotique dérive de deux mots grecs : **Pro** et **Bios** qui signifie littéralement **en faveur de la vie**, par opposition au terme **antibiotique** signifiant contre la vie.

Le terme probiotique a été proposé pour la première fois par **Parcker** en 1974 pour désigner les microorganismes et substances qui contribuent au maintien de l'équilibre de la microflore intestinale.

Les probiotiques sont redéfinis encore comme étant des préparations microbiens vivantes utilisées comme additifs alimentaires, ayant une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (**Fuller, 1989**).

Cette définition trop vaste intéresse surtout les cultures microbiennes, mais aussi les métabolites produits par les microorganismes (**Fuller, 1989**).

Les probiotiques sont souvent des bactéries lactiques (lactobacilles, bifidobactéries), mais aussi des levures (*saccharomyces cerevisiae*), introduites dans l'alimentation sous formes de produits lactés fermenté ou de suppléments alimentaires, et qui, une fois dans le tube digestif, interagissent avec la flore intestinale, les cellules épithéliales intestinales, et même les cellules immunitaires de l'intestin grêle et du colon.

1.2 Les principales souches probiotiques

Actuellement, 5 groupes de probiotiques sont commercialisés et utilisés en alimentation aviaire. (Tableau1)

Les animaux concernés sont surtout le veau boucherie, le porcelet et la volaille sur lesquels la plupart des études d'efficacité sont réalisées.

Tableau 1: Principales Microorganismes à effet probiotique (Rochy, 2001)

Bactérie normale du yaourt		LB delbrueckii bulgaricus streptococcus thermophilus
Microorganismes Probiotiques	Groupe 1 : Bacilles	B.toyoi, B.cereus, B.subtilis, B.coagulans, B.licheniformis.
	Groupe 2 : Lactobacilles et les coques	Lb.acidophilus, Lb.rhamnosus, Lb.casei, Lb.gasseri, Lb.reeuteri, Lb.fermentum Enterococcus et Streptococcus.
	Groupe 3 : Bifidobactéries	Bf.adolescentis, Bf.animalis, Bf.bifidum, Bf.breve, Bf.lactis, Bf.thermophilum.
	Groupe 4 : Levures	 Saccharomyces cerevisiae
	Groupe 5 : Autres bactéries lactiques	Pediococcus acidilactis, Enterococcus faecalis, Enterococcusfaecium.

1.3 Doses et modes d'administration des probiotiques

Un microorganisme probiotique va avoir une activité au niveau du tube digestif si sa concentration est suffisante de sorte que la quantité de substances produites par ce microorganisme, telles que les acides aminés, vitamines, substances antimicrobiennes doivent être importantes pour avoir une action (Ducluzeau et Raibaud, 1979).

Une dose de probiotique de 10^6 à 10^7 /g d'aliment, administrée en continu pendant la période d'élevage est nécessaire pour obtenir dans le tube digestif un équilibre entre les microorganismes probiotiques et les bactéries de la microflore résidente (**Gaillot, 1998**).

Pour beaucoup d'espèces animales, la voie d'administration la plus sûre est l'incorporation dans l'aliment solide ou liquide. L'aspersion des poussins d'un jour dans les couvoirs, afin d'obtenir une colonisation précoce et dirigée est aussi pratiquée (**Gaillot, 1998**).

1.4 Mode d'action des probiotiques

Les probiotiques sont donc, les germes bénéfiques qui habitent les intestins, et avec lesquels ils vivent en synergie. Leur mode d'action avec lequel ils contribuent à leur bénéfice reste encore imparfaitement connu, et beaucoup d'hypothèse subsistent.

1.4.1 Inhibition des germes pathogènes

La répression des bactéries pathogènes peut se faire de plusieurs façons :

- a. **La production des acides organiques** : acides lactiques ou acétique à partir des glucides de la ration alimentaire ce qui entraîne un pH responsable de l'inhibition des E.coli et salmonelles (**Vanberwoorde et al, 1991**).
- b. **La production du peroxyde d'hydrogène H₂O₂** : par les bactéries lactiques inhibant ainsi de nombreuses souches bactérienne pathogène telles que : Staphylococcus aureus. E.Coli, Clostridium perfringens, clostridie butyrique, pseudomonas spp, salmonella (**Fernandes et al, 1989**).
Aussi les virus de la fièvre aphteuse, certains virus de la poliomyélite, certains champignons. De plus l'acidification favoriserait le péristaltisme intestinal.
- c. **La production des bactériocines** : substances anti microbiennes (**Babel, 1977**).
- d. **En limitant l'implantation des germes pathogènes** : dans le tube digestif par compétition pour la colonisation, ou encore par la consommation des nutriments aux dépens des souches indésirables (**Ducluzeau et al, 1979**).

1.4.2 Neutralisation des toxiques

Par une orientation de la microflore digestive pour recueillir l'absorption des substances toxiques (ammoniac, amines, indoles), et une diminution des biotransformation des sels biliaires et acides gras en produits toxiques (**Vanbell et al, 1989**).

1.4.3 Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire

Le rôle essentiel des probiotiques est de garantir une bonne hygiène digestive en favorisant la digestibilité de la ration alimentaire ; et la production d'enzymes et le mécanisme pour assurer ce rôle.

Certaines souches probiotiques, surtout les lactobacilles, produisent la Galactosides, le plus souvent absente dans le tube digestif des sujets intolérants un lactose assurant ainsi la digestion du lactose (**Shahani, 1980**).

Les probiotiques améliorent encore la digestibilité de la ration alimentaire indirectement, en stimulant l'activité des enzymes de la microflore endogène : ce sont les activités lactase, maltase (**Fuller, 1989**).

1.4.4 Effets sur le système immunitaire de l'hôte

Les microorganismes auraient une action sur le système immunitaire de l'hôte en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité spécifique et non spécifique.

a- Effets des probiotiques sur l'immunité innée

L'immunité naturelle utilise essentiellement des mécanismes visant à éliminer de façon rapide et non spécifique des microorganismes pathogènes par les phagocytes (monocytes, macrophage et les neutrophiles) ou à éliminer du non-soi par la stimulation de l'activité des lymphocytes naturels killer. Les probiotiques stimulent la phagocytose par l'activation des macrophages qui reconnaissent et détruisent les antigènes étrangères (**Bocles et al, 2005**).

b- Effet des probiotique sur l'immunité acquise

L'immunité adaptative est une réponse spécifique d'un antigène exogène donné, faisant intervenir les lymphocytes B producteurs d'anticorps protecteurs (immunité humorale) et les lymphocytes T (immunité à médiation cellulaire).

Les deux systèmes communiquent entre eux par l'intermédiaire de substances chimiques telles que les interleukines. Cette immunité spécifique peut être locale pour la protection de la muqueuse intestinale, ou périphérique pour une réponse plus générale de l'organisme.

Les probiotiques auraient un effet sur la réponse immunitaire spécifique par l'activation des lymphocytes B et T, provoquant une augmentation du taux d'interleukines et des

anticorps circulants et une augmentation des IgA a la surface de la paroi intestinale **(O'sullivan et al, 2005)**.

Selon la nature de leurs constituants cellulaires, les probiotiques influencent sélectivement la fonction immunitaire en induisant la réponse humorale, cellulaire ou non spécifique.

c- Effets sur le système immunitaire sécrétoire

Lorsque des antigènes infectieux (antigènes bactériens ou viraux pénètrent par voie oral, une réponse IgA sécrétoire est induite visant à inhiber l'adhésion et bloquer l'entrée des agents pathogènes dans la muqueuse intestinale. Les probiotiques favoriseraient donc cette immunité sécrétoire.

Les approches basées sur l'utilisation des probiotiques pourraient constituer une alternative d'immunothérapie et sécrétaire ouvrant ou pathologies immunologiques **(Amrouche, 2005)**.

2. Prébiotiques

2.1 Définition

Les prébiotiques sont des composants des aliments indigestibles qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactérienne non pathogènes déjà présentes dans le tube digestif, ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal **(Gibsson et al, 1995)**.

Ces ingrédients alimentaires non distillés sont connus pour leur effet potentialisé au niveau de la microflore intestinale. Ils sont considérés comme des facteurs de croissance des bactéries coliques non pathogènes. Ils agissent en augmentant la masse bactérienne au niveau de tube digestif, qui à son tour va jouer le rôle d'une barrière contre la colonisation par les germes indésirables **(Schaafoma, 1997)**.

2.2 Rôle des prébiotiques

Plusieurs études ont démontré une amélioration de la fonction colique en général, une réduction de la constipation et de la diarrhée et un meilleur contrôle des agents pathogènes **(Desreumaux et al, 2000)**.

En outre, les études conduites chez l'homme et l'animal ont obtenu des résultats prometteurs quant à l'amélioration de l'absorption des minéraux, en particulier du calcium et du magnésium, qui est favorisée par la production accrue d'acides dans le colon. Cet effet peut influencer de manière positive sur le risque d'ostéoporose et augmenter la résistance des os (Hulm, 2001).

2.3 Effets des prébiotiques

Les effets et les mécanismes d'action des prébiotiques sont présentés dans le (tableau 2)

Tableau 2: Effets positifs des prébiotiques sur la santé (AFSSA, 2003)

Effets des prébiotiques	Mécanismes des prébiotiques
Faible valeur calorique	Non-digestibilité et fermentation colique complète en lactate, acides gras à chaîne courte (acétate, propionate et butyrate) et gaz (CO ₂ , H ₂ , CH ₄)
Modulation de la flore intestinale	Fermentation sélective par le microbiote au détriment de la flore pathogène
Amélioration de la motilité intestinale et soulagement de la constipation	-Augmentation de la pression osmotique -Production de butyrate fournissant de l'énergie aux colonocytes -Production de gaz -Accroissement de la biomasse bactérienne

2.4 Principaux prébiotiques utilisés en production aviaire

2.4.1 Monosaccharides

Le mannose : est le monosaccharide le plus utilisé comme additif alimentaire. Le mannose est un ligand du fimbriae de type 1, communément trouvé chez des bactéries pathogènes comme Salmonella et les APEC. Un supplément de 1 à 2 % de mannose dans l'alimentation réduirait la colonisation de Salmonella, en bloquant l'adhésion de la bactérie aux cellules épithéliales (Allen et al, 1997).

2.4.2 Disaccharides

- **Lactose** : Glucide du lait, procure une protection contre Salmonella chez le poulet qui ne dispose pas d'enzyme pour la digestion du lactose. Une inclusion de lactose dans l'alimentation du poulet entraîne une réduction de la colonisation par S.Typhimurium expliqué par une incapacité du pathogène à fermenter le lactose (Corrier et al, 1993).
- **Lactulose** : Diholoside formé d'un galactose et d'un fructose liés par une liaison osidique du type O β (1→4), procure comme le lactose une protection contre Salmonella (Corrier et al, 1993).

2.4.3 Oligosaccharides

- **fructo-oligosaccharide (FOS)** : Polymère de courte chaîne, produit à partir de l'hydrolyse de l'inuline, il a pour effet, une réduction de la colonisation de Salmonella, Clostridium spp, et stimule sélectivement Bifidobacterium à l'intérieur du microbiote (**Xu, 2003**).
- **galacto-oligosaccharide (GOS)** : Il est produit de façon synthétique à partir du sirop de lactose, il possède une activité sélective sur les bifidobactéries (**Jung, 2008**).
- **Isomaltooligosaccharides (IMO)** : Il est produit par restriction du sucrose pendant la fermentation grâce à la dextransucrase, une enzyme produite en général par les espèces Leuconostoc et Streptococcus qui catalyse la synthèse des glucans à poids moléculaire élevé (dextrans), et qui en présence d'une forte concentration de maltose ou d'isomaltose, favorise la formation du glucooligosaccharide qui est l'isomaltooligosaccharides (IMO). l'IMO favorise la croissance de Bifidobacterium et réduit la croissance de Salmonella (**Chung and Day, 2004**).
- **Mannan-oligosaccharide (MOS)** : Il est dérivé de la paroi cellulaire de Saccharomyces cerevisiae. Il a comme effet une réduction de Salmonella Typhimurium et Salmonella Enteritidis chez la volaille (**Spring, 2000**).

2.4.4 Les Polysaccharides

- **La gomme du guar, et la gomme de guar partiellement hydrolysée** : sont des extraits des graines de Cyamopsis tetragonobus. Ce sont les polysaccharides les plus utilisés comme prébiotique dans l'alimentation de la volaille et ont un rôle protecteur contre la colonisation par Salmonella (**Fernandez et al 2000**).
- **Les Extraits de Lentinus edodes (LenE)**, stimulent la croissance des bactéries bénéfiques (Bifidobacterium, lactobacillus) et réduisent la colonisation par bactéroïdes. et E. coli (**Guo, 2004**).
- **Les Extraits de Tremella fuciformis (TreE)**, ont des effets similaires à LenE (**Guo, 2004**).
- **Les Extraits d'Astragalus membranaceus Radix (AstE)**, ont aussi des effets similaires à LenE (**Guo, 2004**).

3. Symbiotiques

Un symbiotique est tout simplement une combinaison d'un prébiotique et de probiotique (**Colins et Gibon, 1999**).

Les symbiotiques sont définis comme des mélanges de probiotiques et de prébiotiques qui ont des effets bénéfiques chez l'hôte en améliorant la survie et l'implantation de

compléments alimentaires microbiens vivants dans le tractus gastro-intestinal de l'hôte **(Andersson et al, 2001)**.

Certaines combinaisons symbiotiques vont être bien étudiées, c'est le cas de l'association des Bifidobactéries et les FOS, ou les lactobacilles et les lactitol : le prébiotique va servir de substrat pour le probiotique pour augmenter sa fermentation donc potentialisation de son effet bénéfique sur la santé **(Colins et Gibson, 1999)**.

Chapitre 5 : Huiles essentielles et acides organiques

1. Huiles essentielles

Bousbia (2011) fait état de différentes définitions des huiles essentielles (HE) selon les époques en citant celles de Durvelle en 1893 et 1930 et de Naves en 1976. Parmi les plus récentes, l'Encyclopédie Funk & Wagnalls 2004 décrit les huiles essentielles comme les « liquides volatils, la plupart du temps insolubles dans l'eau, mais librement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétales et minérales. Elles sont habituellement non huileuses au contact de la peau ». Aussi, selon la Pharmacopée Européenne 2011, une HE est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » (Alleman et al, 2013).

Les HE peuvent être obtenues à partir de la plante entière ou bien seulement à partir de certaines parties de la plante telles que les fleurs, bourgeons, grains, feuilles, bois, écorce, fruits, racines, rhizomes, tiges et brindilles, a des fins très diverses (en pharmacie, parfumerie, cosmétique), comme produits phytosanitaires, comme sources d'arômes (arôme alimentaire) et enfin en alimentation humaine et animale (Brenes et Roura, 2010).

2. Acides organiques

Les acides organiques sont des composés organiques ayant des propriétés acides. Ces derniers sont produits, entre autres, par des bactéries ou des levures. L'acide lactique, l'acide formique, l'acide acétique, l'acide citrique et l'acide propionique sont quelques exemples d'acides organiques (Stein, 2007).

2.1 Mode d'action

Ces additifs pénètrent la paroi cellulaire des bactéries affectant ainsi les activités intracellulaires de ces dernières. De plus, les acides organiques abaissent le pH dans l'estomac réduisant ainsi la croissance de certaines bactéries pathogènes (Suryanarayana, 2012).

2.2 Effets métaboliques et biologiques

Les effets métaboliques des huiles essentiels se traduisent par :

- ✓ Réduisent le pH de l'estomac.
- ✓ Inhibent la croissance de certaines bactéries pathogènes.
- ✓ Les acides organiques distribués dans les aliments sont digestibles et constituent une source d'énergie.
- ✓ Améliorent la biodisponibilité des minéraux en formant des complexes.
- ✓ Stimulent la sécrétion des enzymes endogènes par le biais de l'acidification.

III. MATERIEL ET METHODES

1. Période et lieu de l'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée au niveau d'élevage de poulet de chair de l'exploitation de Mr Aid Nourredine, région de Chaïba, Daïra de Koléa, Wilaya de Tipaza .Elle

s'est déroulée durant l'été 2018. La période d'essai s'étalait du 03 juillet au 13 Aout 2018, soit une durée de 42 jours.

2. Matériels

2.1 Animaux

14000 poussins d'un jour d'âge, provenant d'un même couvoir faisant l'objet d'inspections régulières de la part des services d'hygiène, de souche Cobb500, ont été répartis aléatoirement en 2 lots de 7000 sujets chacun et mis en place dans 2 bâtiments similaires.

2.2 Bâtiment et équipement

Les animaux des deux lots ont été élevés dans deux bâtiments similaires, de type traditionnel « serres avicoles ». Chaque serre mesurait 70 m de longueur sur 11m de largeur (Figure 5). La ventilation dynamique est assurée par deux extracteurs d'1,5 de diamètre et un humidificateur (Pad-Cooling) (Figure 6) et le chauffage est assuré par des radiateurs à gaz butane équipés de thermostats. On appliquait la lumière naturelle durant le jour et l'artificielle durant la nuit.



Figure 5: Vue extérieure (a) et intérieure (b) des bâtiments d'élevage



Figure 6: Système de ventilation dynamique (Pad-Cooling et grands extracteurs)

2.3 Conduite d'élevage

Les 2 lots (Lot témoin : Figure 7) (Lot expérimental : Figure 8) de poussins étant mis dans les mêmes conditions d'ambiance au niveau des 2 serres avicoles dotées des mêmes équipements de chauffage, d'alimentation, d'abreuvement et de ventilation. Un nettoyage, suivi d'une désinfection, finalisé par un badigeonnage à la chaux du sol et des parois ont été effectués successivement. Juste après, un vide sanitaire de 15 jours a été instauré.



Figure 7: Lot témoin



Figure 8: Lot expérimental

2.4 Température et hygrométrie

Mesuré à l'aide d'un thermomètre couplé à un hygromètre.

2.5 Mise en place des animaux

La mise en place du cheptel a été faite en date du 03 juillet (j1). Une poussinière était conçue pour chaque lot (Figure 9). A l'intérieur de chaque garde étaient disposés des

mangeoires et des abreuvoirs du 1er âge, et un thermomètre placé à 1.5m du sol et d'une éleveuse à gaz, la garde est agrandie au fur et à mesure que les poussins croissent.



Figure 9: Mise en place des poussins

2.6 Litière

La litière est composée de copeaux de bois sec, répartie en une couche de 10 cm sur un sol cimenté, et a été étalée de façon uniforme pour bien isoler les poussins du sol et pour conserver la chaleur et absorber l'humidité, durant toute la période d'élevage. La litière était changée au fur et à mesure qu'elle croutait.

2.7 Aliment

Un même aliment de type farineux est consommé par les 2 lots, sauf que l'aliment distribué pour le lot expérimental contient un additif d'un prébiotique commercialisé sous le nom « AVIATOR® » (Figure 10) pendant toute la durée d'élevage. Ce supplément est à base de cultures de levure et de produits de l'hydrolyse enzymatique de la paroi de la levure : « *Saccharomyces cerevisiae* »

3 types d'aliments ont été distribués

- ✓ Un aliment « démarrage » : distribué du 1^{er} jour au 21^{ème} jour.
- ✓ Un aliment « croissance » : distribué du 22^{ème} jour au 35^{ème}.
- ✓ Un aliment « finition » : distribué du 36^{ème} jour au 42^{ème} jour.



Figure 10: Prébiotique « AVIATOR® »

Tableau 3: Composition de l'alimentation par phase d'élevage :

Phase d'élevage Composition	Phase de démarrage J ₁ - J ₂₁		Phase de croissance J ₂₂ - J ₃₅		Phase de finition J ₃₆ - J ₄₂	
	kg	%	kg	%	kg	%
Soja	32,36	13,85	29,42	12,71	24,59	10,89
Mais 1	58,06	38,69	64,04	40,44	65,84	40,18
Son de blé	4,9	40,79	1,96	41,28	4,89	42,36
Calcaire	1,47	0,71	1,56	0,72	1,37	0,61
CMV	0,98	1,13	0,98	1,14	0,97	1,04
Aviator	0,04	1,15	0,05	0,80	0,05	1,06
Huile	0,98	1,15	0,98	1,22	1,46	1,72
Phosphate	1,11	2,07	0,98	1,65	0,88	2,11

2.8 Eau de boisson

L'eau est distribuée à volonté et provenait d'un puits mitoyen recensé par les services de l'hydraulique et contrôlé par le bureau d'hygiène communal.

2.9 Programme de prophylaxie médicale

Le programme de prophylaxie médicale est présenté dans le tableau suivant

Tableau 4: Programme de prophylaxie médicale pour les 2 lots

Age en (jours)	pathologie	Nom de vaccin	Mode d'administration
1	Maladie de Newcastle + bronchite infectieuse	Vaccin bivalent : Nobilis .MA5 CLONE 30 (INTERVET)	Eau de boisson
	Influenza aviaire	H9 (ND + H9 M.E.) Gallimune 208 (Merial)	Injection sous cutanée
12	Gumboro	Nobilis. E228 (MSD)	Eau de boisson
15	Bronchite infectieuse	Bioral H120 (Merial)	Eau de boisson
20	Maladie de Newcastle	Avinew neo (Merial)	Eau de boisson

Nous avons administré des traitements seulement dans le lot témoin

Tableau 5: Traitements administrés dans l'eau de boisson aux animaux du lot T

Age (j)	Point A
J ₁₋₃	Tilmicosine
J ₁₄₋₁₆	Toltrazuril (anticoccidien)
J ₂₃₋₂₄	1 ^{er} rappel du toltrazuril (anticoccidien)
J ₃₀₋₃₁	2 ^{ème} rappel du toltrazuril (anticoccidien)

3. Méthodes

3.1 Protocole expérimental

Les poussins sont répartis dès leur arrivée en deux (02) lots contenant chacun 7000 sujets :

- Lot A (Témoin) : recevait un aliment sans additif durant toute la durée d'élevage.
- Lot B (Expérimental) : recevait le même aliment, mais additionné d'un prébiotique «AVIATOR® » pendant toute la durée d'élevage.

Paramètres retenus dans cette étude

Evaluation des performances zootechniques par phase d'élevage de démarrage (J_1 à J_{21}), de croissance (J_{22} à J_{35}) et de finition (J_{36} à J_{42}).

- ✓ Calcul de l'ingéré alimentaire
- ✓ Détermination du poids vif moyen.
- ✓ Détermination de l'indice de consommation.
- ✓ Calcul de tau de mortalité.
- ✓ Etude de la morphométrie et de l'histométrie intestinale.

3.2 Evaluation des performances zootechniques

3.2.1 Détermination du poids moyen et gain de poids

Le poids moyen est calculé dès l'arrivée des poussins, puis il a été effectué chaque fin de phase d'élevage à l'aide d'une balance électronique (figure 11) ; dans les journées suivantes : J_{21} , J_{35} , J_{42} .



Figure 11: Réalisation de pesée

3.2.2 Détermination de la consommation moyenne d'aliment

C'est la quantité d'aliment consommée par sujet au cours du cycle d'élevage.

$$\text{consommaation d'aliment} = \frac{\text{quantité d'aliment consommée (kg)}}{\text{nombre de sujet}(n)}$$

3.2.3 Détermination de l'indice de consommation

Indice de consommation (IC) a été calculé sur la base du rapport du cumul de la quantité d'aliment distribuée (pesée quotidienne de l'aliment distribué) sur le poids vifs réalisé aux journées suivantes : J₂₁, J₃₅, J₄₂

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment moyenne consommée}}{\text{Poids vif (g)}}$$

3.3 Taux de mortalité

Le relevé quotidien de la mortalité est effectué au début de chaque journée pour la période de J₁ à J₄₂. Le taux de mortalité est calculé à la fin de l'expérimentation selon la formule suivante :

$$\text{Taux de mortalité}(\%) = \frac{\text{nombre de sujets morts}}{\text{nombre de sujets mis en place}} \times 100$$

3.4 Morphométrie et de l'histométrie intestinale

3.4.1 Morphométrie intestinale

La longueur de l'intestin de 5 sujets, pris aléatoirement de chacun des 2 lots, a été mesurée après être sacrifiés par saignée à J₂₁, J₃₅, et J₄₂.

La longueur totale de l'intestin, de la jonction gésier-duodénum jusqu'à la fin du rectum additionnée à la longueur des 2 caeca, a été mesurée à l'aide d'un ruban mètre, à la fin de chaque semaine (J₂₁, J₃₅, J₄₂) (Figure 12).



Figure 12: Mesure de la longueur des intestins

3.4.2 Histométrie intestinale

Nous avons suivi les étapes suivantes :

3.4.2.1 Prélèvement des tissus

Juste après le sacrifice par saignée, et à l'aide d'un bistouri bien tranchant pour éviter d'écraser les tissus, on a effectué rapidement des prélèvements.

Les prélèvements ont concernés, à partir des 2 lots, des portions du duodénum, jéjunum et l'iléon. Chaque portion est obtenue après deux sections transversales distantes de 1 cm l'une de l'autre au niveau de la région ciblée de l'intestin.

Des coupes longitudinales de 1 cm et transversales de 0.5 cm ont été faites.

On a préservé ces dernières dans des cassettes identifiées (lot-portion en question-âge) et conservées dans du formol jusqu'à la récolte de tous les prélèvements nécessaires.

3.4.2.2 Préfixation et fixation des tissus

Les prélèvements obtenus sont d'abord plongés dans une solution de préfixation (liquide de ciras) comprenant 6 volumes de formol, 2 volumes de méthanol et 1 volume d'acide acétique absolu.

Six heures après, les prélèvements sont transférés dans une solution de fixation à base de formol dilué à 10% ou elles sont conservées pendant au moins 48 h.

3.4.2.3 Déshydratation et éclaircissement

Premièrement, chaque tissu prélevé est d'abord rincé à l'eau de robinet puis plongé dans des bains d'alcool de concentration croissante (70%, 90%, 95%, 100%). De plus, on les a mis dans deux bains de toluène. Enfin, on les a laissés 30 min dans la paraffine à l'intérieur de l'étuve (Figure 13).

Pour l'éclaircissement les cassettes ont été plongées dans la paraffine liquide chauffée à 56c° pendant 12 heures.



Figure 13: tissus dans des bains d'alcool de concentration croissante

3.4.2.5 Réalisation des blocs de paraffine et des coupes

Après 12 heures d'éclaircissement, on a placé les portions au milieu d'un moule (barres de Leukart) et mis la cassette identifiée dessus. De la paraffine liquide est versée sur cette dernière, après durcissement, un bloc de paraffine est obtenu pour être enfin placé dans un microtome afin de réaliser des coupes 5 μ m d'épaisseur (Figure 14).



Figure 14: Réalisation des coupes histologiques par le microtome

3.4.2.6 Fixation du tissu sur la lame

La coupe histologique obtenue est flottée sur un bain marie chauffé à 41°C (Figure 15) puis posée sur une lame identifiée, l'ensemble est mis sur une plaque chauffante réglée à 61°C pendant 10 min (Figure 16). A la fin, les lames sont mises à sécher une à deux heures dans une étuve réglée à 46°C.



Figure 15: coupe histologique au bain



Figure 16: séchage des lames

3.4.2.7 Coloration des lames

La coloration des lames nécessite le passage par ces étapes :

-Mettre le portoir des lames dans deux bains de toluène l'un à 5 min l'autre à 7min, pour déparaffiner les tissus.

-l'hydratation consiste à les passer dans des bains d'alcool à des pourcentages décroissants (100%, 90%, 70%) pendant une minute.

-rinçage à l'eau pendant 3 min dans 3 bains différents.

-la coloration consiste à plonger les lames dans l'hématoxyline-éosine pendant 25 secondes pour colorer les noyaux puis rincer pendant 3 min.

-le cytoplasme est coloré grâce l'éosine pendant 7 min.

-trois bains d'alcool dont le pourcentage est décroissant (100%, 90%, 70%) pendant 1 min chacun pour réhydrater les tissus.

-l'éclaircissement est assuré par deux bains de toluène pendant 5 min chacun.

-Enfin c'est le montage en utilisant la résine et une lamelle pour chaque lame.



Figure 17: Coloration des lames



Figure 18: Fixation par la résine

3.4.2.8 Mesure des villosités intestinales

Afin de mesurer les dimensions des villosités intestinales, une analyse des coupes histologiques est faite au niveau de laboratoire Anatomopathologie de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire. Les lames sont photographiées au grossissement $\times 4$ par un microscope muni d'un procédé de capture d'image (MOTIC CO, LTD), ensuite les mesures des dimensions des villosités (hauteur et largeur à mi hauteur) sont effectuées directement sur les images obtenues grâce au logiciel MOTIC IMAGE PLUS 2.0.

Pour calculer le volume des villosités qui sont considérées comme des cylindres, la formule suivante est appliquée :

$$\text{Volume } (\mu\text{m}^3) = \pi \times (L/2)^2 \times H$$

L : largeur à mi hauteur, H : hauteur.

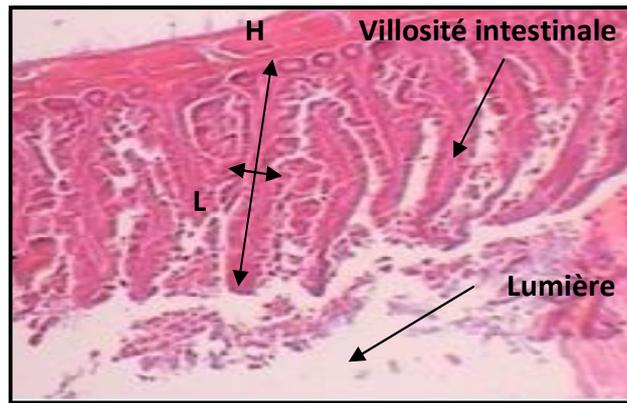


Figure 19: Mesure des dimensions des villosités intestinales

3.5 Etude statistique :

Toutes les données ont été saisies dans une base informatique classique (Excel 2010). La vérification et le traitement statistique des données sont effectués sur le logiciel XLSTAT version 7.1. Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne \pm écart type. Pour l'étude univariée, nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk, test de normalité pour tester la normalité des observations des paramètres zootechniques.

On a utilisé le test de Student et le test de Kolmogorov-Smirnov pour la comparaison entre les deux lots étudiés selon différents paramètres, au seuil de signification $p < 0.05$. Tests non-paramétrique khi-deux pour la comparaison des mortalités enregistrées.

Les représentations graphiques ont pour but d'apprécier l'évolution des paramètres étudiées.

Les résultats ont été exprimées on moyenne et on écart type.

IV. Résultats

1. Effet du prébiotique Aviator sur les paramètres zootechniques des poulets des lots témoin et expérimental

Les résultats relatifs aux paramètres zootechniques (poids vifs moyens, consommation moyenne d'aliment cumulée, et indice de consommation) ont été mesurés en fin de chaque phase d'élevage (J₂₁, J₃₅ et J₄₂) et rapportés dans le tableau 6 :

Tableau 6: Paramètres zootechniques selon les phases d'élevage

Lots	Paramètres zootechniques	Phase d'élevage		
		J ₂₁	J ₃₅	J ₄₂
Témoin	Poids vif moyen (g)	779	1720	2010
	Consommation moyenne d'aliment/sujet (g)	957	2950	3750
	Indice de consommation	1,23	1,72	1,87
Expérimental	Poids vif moyen (g)	740	1660	2200
	Consommation moyenne d'aliment/sujet (g)	880	2750	3500
	Indice de consommation	1,19	1,66	1,59

1.1 Effet sur l'ingéré alimentaire

Les quantités d'aliments consommées cumulées par phase d'élevage et par sujet du lot expérimental et celles consommées par le lot témoin sont rapportées dans le (tableau 6) et illustrées dans figure 20.

Les quantités moyennes d'aliments consommées par sujet et par phase d'élevage par les animaux des 2 lots sont comme suit :

- ✓ Phase de démarrage : 957 g vs 880 g respectivement par le lot témoin et le lot expérimental. Les animaux du lot témoin ont consommé 77 g/sujet de plus que ceux du lot expérimental.

- ✓ Phase de croissance : 2950 g vs 2750 g respectivement par le lot témoin et le lot prébiotique. Les animaux du lot témoin ont consommé 200 g /sujet de plus que ceux du lot expérimental.
- ✓ Phase de finition : 3750 g vs 3500 g respectivement par le lot témoin et le lot prébiotique. Les animaux du lot témoin ont consommé 250 g/sujet de plus que ceux du lot expérimental.

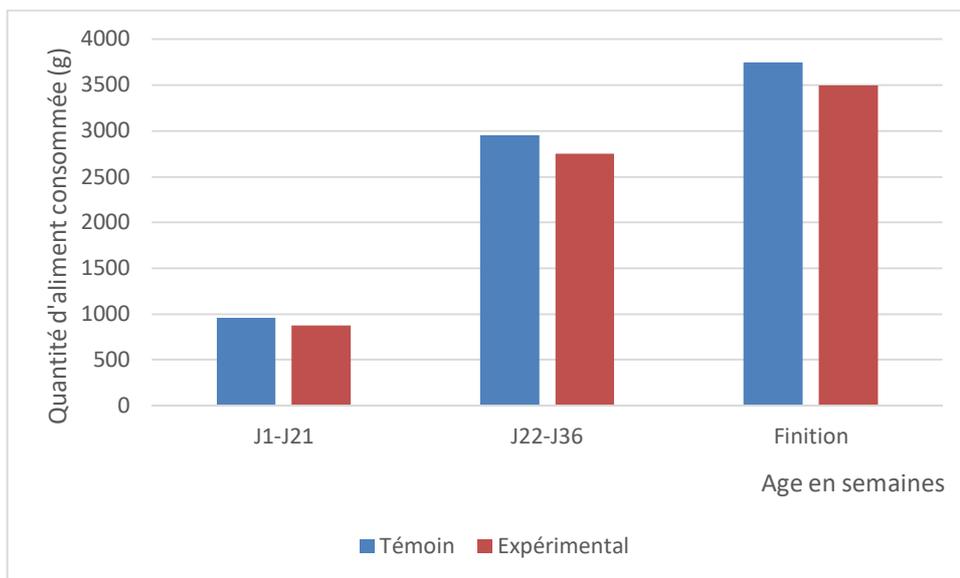


Figure 20: Consommation d'aliment des 2 lots

1.2 Effet sur le poids vif moyen des animaux :

L'évolution du poids moyen des sujets des deux lots durant la période d'élevage est rapportée dans le (tableau 6) et illustré par le graphe n° 02.

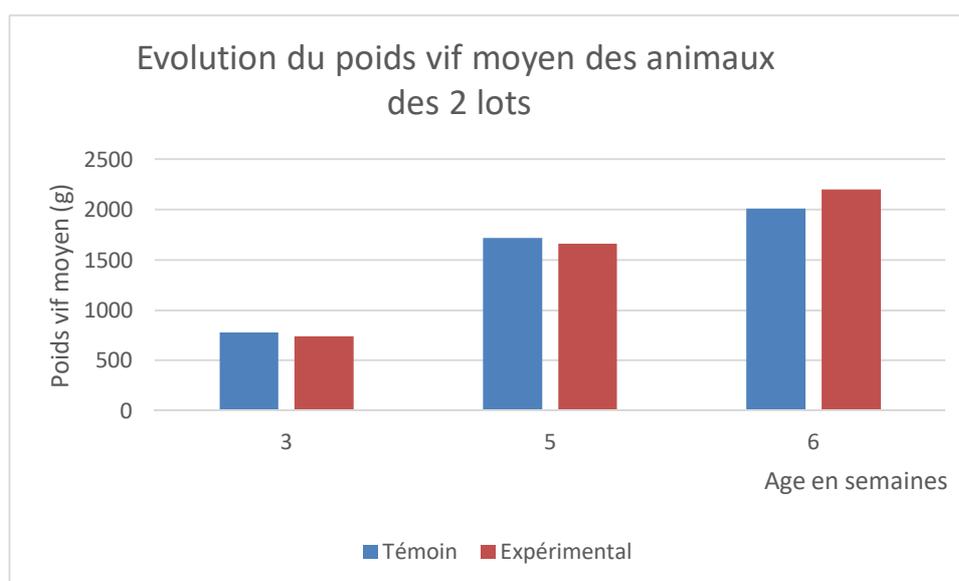


Figure 11: Représentation graphique de l'évolution pondérale des 2 lots

Nous avons noté au cours des fins de phases d'élevage les poids vifs moyens suivants :

- Démarrage de 779 et de 740 g, respectivement pour les sujets des lots témoin et prébiotique.
- Croissance de 1720 et de 1660 g, respectivement pour les sujets des lots témoin et prébiotiques.
- Finition de 2010 et de 2200 g, respectivement pour les sujets des lots témoin et prébiotiques.

Le gain de poids traduit par l'écart des poids moyens entre les sujets des lots prébiotiques et témoin aux différentes phases d'élevages est de :

- Période de démarrage : 39 g, en faveur des sujets du lot témoin.
- Période de croissance : 60 g, en faveur des sujets du lot témoin.
- Période de finition : 190 g, en faveur des sujets du lot prébiotiques.

1.3 Effet sur l'indice de consommation

Les indices de consommation, calculés en chaque phase d'élevage, des deux lots sont rapportés dans le (tableau 6) et illustrés par le Figure 22.

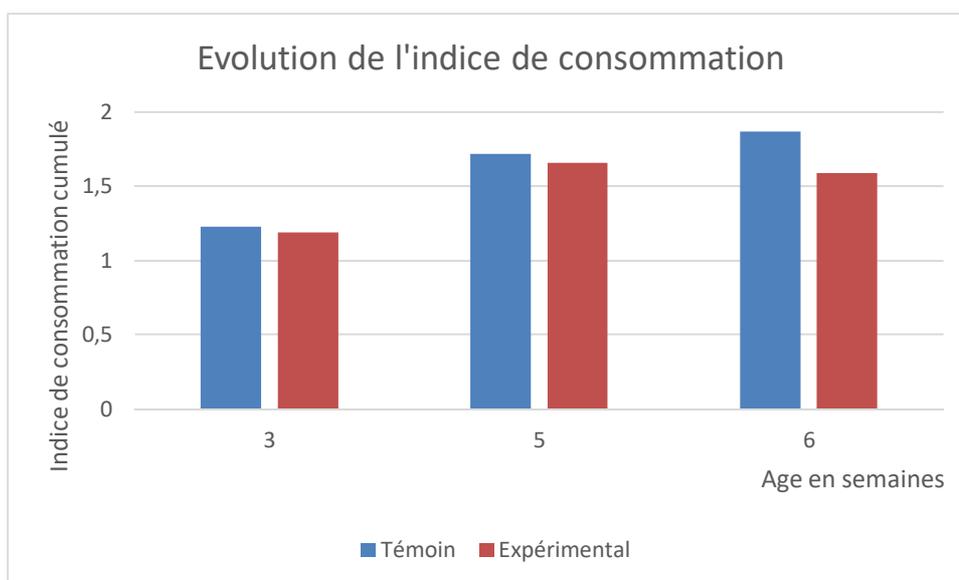


Figure 22: Représentation graphique de l'indice de consommation des 2 lots

À chaque fin de phase d'élevage pour les lots témoins et expérimental, les indices de consommations cumulés suivants, respectivement : 1,23 vs 1,19, 1,72 vs 1,66 et 1,87 vs 1,59. On note que tous les indices de consommations cumulés réalisés par les animaux du lot expérimental sont inférieurs à ceux réalisés par les animaux du lot témoin.

2. Effet sur la mortalité

Le nombre et les taux de mortalités enregistrés durant toute la période d'élevage sont rapportés dans le tableau 7 et représentés sur la figure 23.

Tableau 7: Evolution du nombre et du pourcentage de mortalité au cours de période d'élevage

Phases d'élevage	Nombre et pourcentage de mortalité			
	Lot Témoin		Lot Expérimental	
	Nombre	%	Nombre	%
Démarrage (J ₁ -J ₂₁)	44	0,60	40	0,57
Croissance (J ₂₂ -J ₃₅)	41	0,59	26	0,37
Finition (J ₃₅ -J ₄₂)	35	0,50	32	0,46
Nombre et % cumulée de mortalité	120	1,7	98	1,4

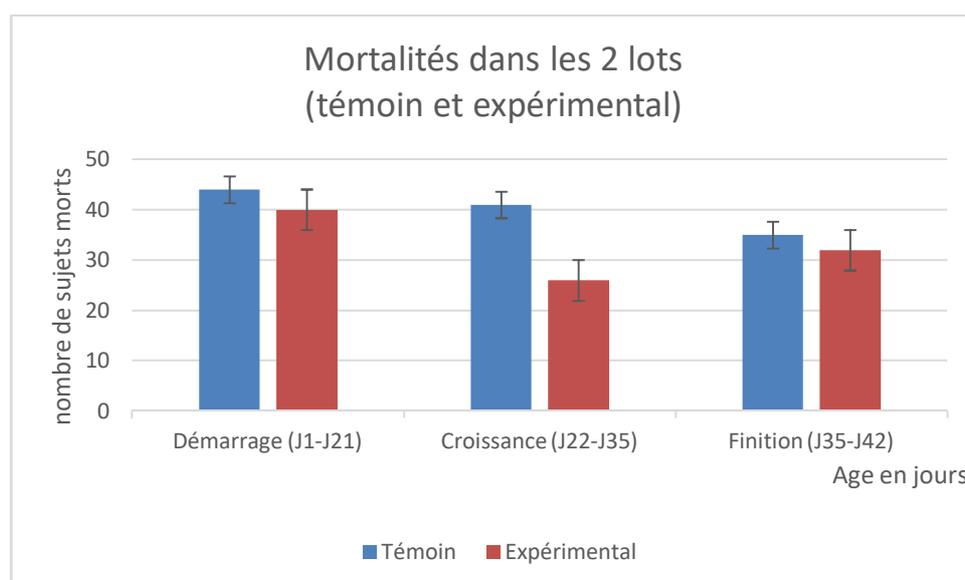


Figure 23 : Taux de mortalité dans les 2 lots



Figure 20: Taux de mortalité dans les 2 lots

Les cas de mortalités cumulées en chaque phase d'élevage des lots témoin et expérimental ont révélé respectivement, les nombres et taux suivants :

-Fin de phase de démarrage : 44 vs 40 correspondant aux taux respectifs de 0,60 % vs 0,57 %. -
 Fin de phase de croissance : 41vs 26 correspondant aux taux respectifs de 0,59 % vs 0.37 %. -Fin
 de phase de finition : 35 vs 32 correspondant aux taux respectifs de 0,50 % vs 0,46 %. Ainsi le
 total des cas de mortalité cumulée en fin d'élevage s'élève pour le lot témoin à 120 cas de
 mortalités correspondant au taux de 1,7 % et 98 cas de mortalités correspondant à un taux de
 1,4 % pour le lot expérimental.

3. Morphométrie intestinale

Les mesures des longueurs moyennes intestinales des lots témoin et expérimentales sont rapportées dans le tableau 8 :

Tableau 8: Longueur moyenne des intestins des 2 lots a chaque phase d'élevage

T M I Age	Lot (cm)	Expérimental	Lot Témoin (cm)
J ₂₁	256,6		283
J ₃₅	262,8		231,4
J ₄₂	308,6		276,8

TMI = Taille Moyenne des Intestins

Mis à part la période de démarrage ou les animaux du lot témoin accusent des longueurs moyennes supérieures par rapport à celles réalisées par les animaux du lot expérimental, respectivement 283 cm vs 256,6 cm, les résultats moyens relatifs aux longueurs des intestins des animaux du lot expérimental sont supérieurs à ceux réalisées par les animaux du lot témoin

durant les 2 phases de croissance et de finition, respectivement 262,8 cm vs 231,4 cm et 308,6 cm vs 276,8 cm.

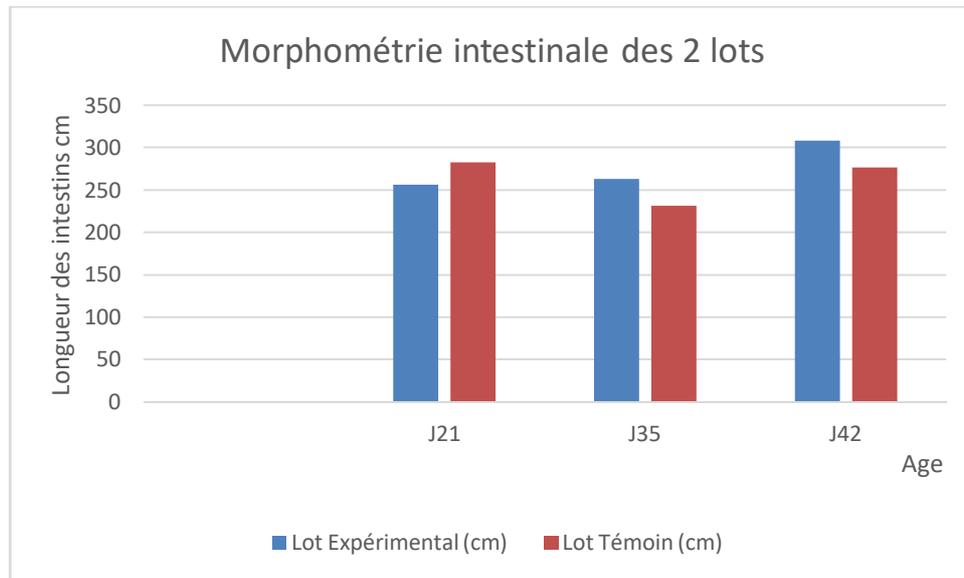


Figure 24 : Morphométrie intestinale des 2 lots

4. Effet sur la l'histomorphométrie

4.1. Effet sur la hauteur des villosités intestinales

Les hauteurs moyennes des villosités intestinales mesurées, en fin de chaque phase d'élevage, au niveau du duodénum, jéjunum et l'iléon, chez les sujets du lot expérimental et du lot témoin sont représentées dans le tableau 9 :

Tableau 9 : hauteur moyenne des villosités intestinales au niveau des trois portions de l'intestin chez les sujets des deux lots.

	LOTS	Segments	J ₂₁	J ₃₅	J ₄₂
	Hauteur moyenne des villosités (µm)	Expérimental	D	7676,12	6117,01
J			6385,09	4801,12	4210,34
I			5853,1	3380,87	4297,18
Témoin		D	7602,65	5966,5	7186,94
		J	6387,23	5538,35	4990,99
		I	5727,71	4375,61	2925,2

D: Duodenum, **J:** Jejunum, **I:** Iléon.

On constate que les hauteurs des villosités du duodénum du lot expérimental, à j₂₁ et à J₃₅ sont plus grandes que celles enregistrées par le lot témoin, alors qu'à J₄₂, elles sont inférieures. Les hauteurs des villosités jéjunales du lot témoin sont plus grandes que celles du lot témoin durant toutes les phases d'élevage. Tandisque le lot expérimental enregistre des villosités plus hautes à J₂₁, et à J₄₂ que celles du lot témoin.

4.2. Effet sur le volume des villosités intestinales

Nous avons mesuré, en fin de chaque phase d'élevage, le volume de 10 villosités intestinales de chaque portion intestinale (duodénum, jéjunum, iléon) des sujets prélevés de lot prébiotique et ceux de lot témoin chaque semaine d'âge.

La moyenne de volume des villosités duodénales, jéjunales et iléales est respectivement mesurée en (mm³) et apportées dans le tableau 10.

Tableau 10 : volume moyen des villosités intestinales (mm³) mesuré au niveau de duodénum, jéjunum et l'iléon chez le lot prébiotique et le lot témoin

Volume moyen des villosités (mm ³)	LOTS	Segments	J ₂₁	J ₃₅	J ₄₂	
	Expérimental	D		3,148	3,029	2,530
		J		10,566	2,119	2,058
		I		4,375	2,392	3,103
	Témoin	D		5,492	1,653	2,403
		J		2,281	1,221	0,467
		I		2,668	8,484	0,476

D: Duodenum, J: Jejunum, I: Iléon.

Hormis la fin de la phase de démarrage où le volume moyen des villosités duodénales des animaux du lot expérimental est inférieur à celui du lot témoin, tous les volumes moyens des villosités des différents segments intestinaux sont supérieurs à ceux du lot témoin, durant toutes les phases d'élevage.

V. Discussion

1. Paramètres zootechniques

1.1 Effet sur le poids vif moyen et gain de poids

Il est clairement qu'à partir de la première et deuxième phase d'élevage, les poids vifs moyens retenus pour le lot témoin sont légèrement supérieurs à ceux du lot expérimental. Ce dernier a enregistré un meilleur poids vif moyen (2,2 kg) durant la phase de finition.

Dans la présente étude, nous avons noté que le lot prébiotique a réalisé une meilleure performance pondérale par rapport au lot témoin. Nos résultats n'ont pas montré des effets significatifs ($p > 0,05$) sur les paramètres de croissance des poulets de chair. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par **A.ASKRI et al, (2018)**.

1.2 L'ingéré alimentaire

L'addition du prébiotique aux animaux de lot expérimental dans notre étude a réduit très légèrement la consommation de l'aliment d'environ 0,624 kg par rapport au lot témoin.

1.3 Indice de consommation

Nos résultats montrent donc un effet positif du prébiotique sur les indices de consommations relatifs au lot prébiotique ou ils sont meilleurs que ceux réalisés par le lot témoin durant toutes les phases d'élevage mais sans aucune différence significative ($p > 5\%$). Ces résultats sont en adéquation avec ceux trouvés par **Mathlouthi et al. (2012)** qui ont montré que l'addition des parois de levure à l'aliment fait diminuer l'indice de consommation de 9,3%. Une amélioration des performances zootechniques a été enregistrée chez le poulet de chair par **(Murarolli et al ,2014)** en additionnant des symbiotiques (association de mananes oligosaccharides, dérivés des parois de *Saccharomyces cerevisiae*, et de *Enterococcus* sp et *Lactobacillus acidophilus* (107UFC / g) au régime alimentaire

1.4 Taux de mortalité

Les résultats obtenus montrent des taux de mortalité, en fin d'élevage, de 2,39% et 1,99%, respectivement pour le lot témoin et lot prébiotique. Ces taux de mortalité sont inférieurs aux normes internationales 5% **(Villate, 2001)**. Par ailleurs, nous avons enregistré un meilleur taux de mortalité, en chaque phase d'élevage, chez les animaux du lot expérimental par rapport à celui du lot témoin, mais aucune différence significative n'a été révélée sur les taux de mortalités enregistrés par rapport aux deux lots ($P > 0,05$). Cet effet positif, sur la mortalité et en conséquence sur la santé des animaux, induit par les parois de *Saccharomyces*

cerevisiae trouverait son explication dans la composition des parois de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) qui sont riches en Mananes-oligosaccharides (MOS) et en β -Glucanes. L'incorporation alimentaire des MOS à une concentration de 4000 ppm à des poussins de 3 jours a diminué la concentration de Salmonelles dans les caeca après un challenge de *Salmonella Typhimurium* et de *Salmonella Dublin* (**Spring et al, 2000**), par ailleurs administré dans l'aliment à des poussins, ils les protégeaient ces poussins contre un challenge avec *Salmonella Entéritidis* (**Fernandez et al, 2000**). Il est suggéré que les MOS ont une action directe sur les Salmonelles et autres bactéries entéropathogènes, en effet selon (**Finucane et al, 1999**), le mannose, ainsi que les autres hydrates de carbone indigestibles contenant du mannose disponible, pourraient bloquer les fimbriae de type 1, ainsi ces MOS permettent à la bactérie de s'attacher aux résidus de mannose présents dans les glycoprotéines couvrant la surface de la muqueuse intestinale. Les MOS induisent l'agglutination de 51% des souches d'*Escherichia coli* et 53% des souches de Salmonelles. Parmi les Salmonelles, 80% des souches de sérotype *Entéritidis* et 67% des souches du sérotype *Typhimurium* sont agglutinés (**Finucane et al, 1999**). Aussi, d'après (**A.Yiannikouris et al, 2004**), les β -d-Glucanes sont responsables de l'adsorption des mycotoxines (Zéaralénone). (**Joyce Czop et al, 1980**) ont montré qu'à la surface de la membrane cellulaire existe des macrophages, des cellules immunitaires, des récepteurs spécifiques à ces Bêta-glucanes. Ces derniers les activent et augmentent leur capacité de phagocytose.

2. Effet sur la morphométrie intestinale

La morphométrie intestinale est en faveur des animaux du lot expérimental durant les 2 dernières phases d'élevage (Croissance et Finition). Cela suggère une plus grande surface d'absorption intestinale pour une meilleure assimilation et une bonne efficacité alimentaire qui pourrait expliquer l'obtention de meilleurs paramètres zootechniques par les animaux du lot expérimental. Nos résultats sont en adéquation avec les résultats morphométriques obtenus par l'incorporation d'un extrait végétal additionné d'un prébiotique naturel à base d'agrumes (250g/tonne d'aliment) (**Djezzar et al, 2017**).

3. Effet sur l'histométrie intestinale

Les volume moyens des villosités intestinales sont plus importants chez les sujets du lot expérimental en comparaison avec ceux réalisés par les sujets du lot témoin durant toutes les

phases d'élevage .Cet effet positif et amélioré rencontrés chez les animaux du lot expérimental vient conforté nos résultats positifs cités précédemment sur la morphométrie comme quoi la surface d'adsorption intestinale est augmentée pour une assimilation des nutriments plus importante.

Cet effet serait lié une induction de la prolifération des cellules épithéliales de l'intestin suite à l'ingestion de probiotique comme il a été démontré chez le rat (Ichikawa et al, 1999). Par ailleurs, il est établi que l'augmentation de la taille des villosités indique une stimulation de la fonction d'absorption intestinale (**Langhout et al, 1999**).

VI. Conclusion

L'utilisation du prébiotique AVIATOR® à base de parois de levure (*Saccharomyces Cerevisiae*) nous a effectivement permis d'améliorer les performances suivantes, à savoir :

- ✓ Un meilleur poids vif à la fin de l'élevage.
- ✓ Un meilleur indice de consommation à toutes les phases d'élevage
- ✓ Un meilleur statut sanitaire des animaux (meilleur taux de mortalité).
- ✓ Une amélioration de la morphométrie et de l'histométrie intestinale, révélatrice de surface et de villosités intestinales plus grandes, suggérant en conséquence une meilleure absorption intestinale.
- ✓ Absence totale de résidus d'antibiotiques dans la viande donc pas de délai d'attente.

Dans le cadre de la recherche d'alternatives aux antibiotiques, ces résultats positifs observés chez les poulets du lot expérimental nous permettent d'avancer que le prébiotique biologique à base de parois de levure (AVIATOR®) peut être une véritable alternative.

Recommandations et perspectives

Pour une meilleure optimisation du produit, il est souhaité de relayer cette étude par l'évaluation de ce prébiotique sur son impact sur la coccidiose ou la problématique est effective et d'actualité, et aussi par une étude économique pour connaître le coût de son incorporation à l'aliment.

VII. Liste des références :

Afssa., 2003. Alimentation infantile et modification de la flore intestinale. Rapport du groupe de travail. 40 p.

Alamargot., J 1982. Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaire, édit, point vétérinaire, 15-129 p.

Alleman. F., Gabriel. I., Dufourcq. V., Perrin. F. et Gabarrou. J.F., 2013. Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. 1. Performances de croissance et réglementation, 26 (1), 3-12 p.

Amrouche. T., 2005. Contribution A l'Etude Du pouvoir immun modulateur des Bifidobactéries. Analyse In Vitro Et Etude In Vivo Des Mécanismes Moléculaires Impliqués. Thèse De Doctorat, Université de Laval, Canada.

Andersson. H., Asp. N.G., Bruce. A., Roos. S., Wadstrom. T. et Wold. A. E., 2001. Health effects of probiotics and prebiotics: A literature review on human studies. Scand Journal Nutrition. 45: 58-75 p.

Babel., 1977. Anbiosis by Lactic Culture Bactéries. Journal of Dairy Sciences 60, 815-821 p.

Baidya., Mandal. L., Sakar. SK. et Banerjee. GC., 1994. Alimentation combinée d'antibiotique et de probiotique sur la performance des poulets de chair. 29: 228-31 p.

Bocles. et Thomann., 2005. Effets des probiotiques et prébiotiques sur la flore et l'immunité de l'homme adulte. 36 p.

Brenes. R., 2010. Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. 158, 1-14 p.

Brugère-Picoux. J. et Silim. A., 1992. Manuel de pathologie aviaire, édition Maisons-Alfort : École nationale vétérinaire, 381 p.

Brugère-Picoux. J., Vaillancourt. J-P., bouzouaia. M. et Venne. D., 2015. Manuel de pathologie aviaire 720 p.

Chung. D-C. et Day. D., 2004. Efficacy of *Leuconostoc mesenteroides* (ATCC 13146) isomaltooligosaccharides as a poultry prebiotic. Poultry Science 83(8):1302-1306 p.

Colins. et Gibson., 1999. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: Approaches for modulating the microbial ecology of the gut.

- Commission européenne., 2005.** Interdiction des antibiotiques comme facteurs de croissance dans les aliments pour animaux « http://europa.eu/rapid/press-release_IP-05-1687_fr.htm?locale=FR » consulté le 27/02/2019.
- Davies., 2010.** Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol Mol Biol Rev.* 74: 417-433 p.
- Desreumaux. P., Pavan. S. et Mercenier. A. 2000.** Probiotiques, prébiotiques et symbiotiques. *La Lettre de l'hépatogastroentérologue.* 6-3 p.
- Djezzar. R., Benrbia. M. et Chicoteau. P., 2017.** Aqueous citrus extract supplementation affects gut microbiota and histological parameters of broiler chicken. Symposium on Gut Health in Production of Food Animals November 13–15, 2017, St. Louis, Missouri (USA).
- Dorman. HJ1. et Deans. SG., 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. 88(2):308-16 p.
- Ducluzeau. et Raibaud., 1979.** *Ecologie Microbienne Du tractus Digestif.*
- Eurin., 2008.** Thème antibiotiques et antibiorésistances. 1-2 p.
- Fenardji. F., 1990.** Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie. », Options méditerranéennes série A n° 7. <http://ressources.ciheam.org/ompdfa07CI901600.pdf>.
- Fernandes. CF. et Stahni. KM., 1989.** Inhibitory Affect of Fermented Milk Cultures on the Gastro-Intestinal pathogenes. *Les laits fermentés. Actualité de Recherché, Jhon Libby, Eurotex LTD,* 105-106 p.
- Fernandez. F., Hinton. M. et Van Gils. B., 2000.** Diet influences the colonisation of *Campylobacter jejuni* and distribution of mucin carbohydrates in the chick intestinal tract. 29, 575-581 p.
- Ferrah., 2005.** Filière avicole en Algérie, Cours de 1ère année magistère, Ecole Nationale Vétérinaire.
- Finucane. M., Spring. P. et Newman. K., 1999.** Abstr. 88 th Ann. Meeting Poultry Sci. Assoc. 139 p.
- Fontaine., 1992.** Vade-mecum du vétérinaire, formulaire vétérinaire de pharmacologie, de thérapeutique et d'hygiène, 15 ème édition, 106-119 p.

Fuller., 1989. The effect of yoghurt and bacterial food supplements on the microbiology of the gastro-intestinal tract. .Les laits fermentés. Actualité de Recherché, Jhon Libby, Eurotex LTD, 197-322 p.

Gaillot., 1998. Consequences Of probiotics Release in The intestine Of Animals, 18(5), 309-322 p.

Gibsson. Gr. et Roberfroid. Mb., 1995. J Nut 125-140 p.

Guérin. JL., Balloy. D. et Villate. D., 2011. Maladies des volailles 3ème édition.

Guide. UE., 2007. Guide Union Européen de bonnes pratiques pour la fabrication d'additifs et de pré mélangés pour l'alimentation animale. 126 p.

Guo., 2004. Effect of mushrooms and herb polysaccharides, as alternative for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chicken.

Hulm. F., 2001. La santé de l'intestin. Rapport de synthèse de Fair-Flow Europe concernant l'impact des pro- et prébiotiques sur la santé. Institut National de la Recherche Agronomique. France.

Joyce Czop. K. and Kay., 1980. "Isolation and characterization of beta-glucan receptors on human mononuclear phagocytes". Rheumatology Publications and Presentations. 76. Volume 173 1511-1520 p.

Jung., 2008. Effects of galacto-oligosaccharides and a Bifidobacteria lactis-based probiotic strain on the growth performance and fecal microflora of broiler chickens.

Kohanski. MA., Dwyer. DJ. et Collins. JJ., 2010. How antibiotics kill bacteria: from targets to networks. Nat Rev Microbiol 8: 423-435 p.

Kohanski. MA., Dwyer. DJ., Hayete. B., Lawrence. CA. et Collins. JJ., 2007. A common mechanism of cellular death induced by bactericidal antibiotics. Cell 130: 797-810 p.

Langhout. DJ., Schutte. J.B., Van. J.L.P. Wiebenga. et Tamminga. S., 1999. Effect of dietary high and low methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestinal wall of broiler chick. Br. Poult. Sci.40:340–347 p.

Larbier. eT Leclercq., 1992. Absorption des nutriments. Nutrition et alimentation des volailles, édit. INRA, 1992, P38-47 p.

- Marshall. et Levy., 2011.** Animaux et antimicrobiens alimentaires: Impacts sur la santé humaine, Clin microbial Rev, 24 ; 718 ; 33 p.
- Mathlouthi. N., Auclair. E. et Larbier. M., 2012.** Effet des parois de levures sur les performances zootechniques du poulet de chair. LRRD 24 (11): 201 p.
- Mohammed. S., 2015.** etudes qualitatives et quantitatives des résidus d'antibiotiques dans la viande de volaille et les œufs dans la région de la Mitidja. Utilisation des probiotiques comme alternative.
- Moran., 1985.** Ornithopedie-Edition: www.oiseaux.net 2005.
- O'sullivan. Gc., O'halloran. S., Collins. Jk., Dunne. C. et Shanahanf., 2005.** Probiotic: An Amerging Therapy. Curr. Pharm. Design. 11: 3-10 p.
- Schaafoma., 1997.** The Western Diet with a Special Focus. On Dairy Products, Bruxelles, Institute DANONE.
- Shahani., 1980.** Role of dietary lactobacilli in gastrointestinal microecology. Proceedings of the VI International Symposium on Intestinal Microecology.
- Spring., 2000.** The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. Poultry Sci. 79, 205-211 p.
- Stein., 2007.** Feeding the pigs' immune system and alternatives to antibiotics. London Swine Conference, 3-4 April: 65-82 p.
- Suryanarayana., 2012.** Organic acids in swine feeding - A review. Agricultural Science Research Journal, 2(9): 523-533 p.
- Vanbell. M., Teller. E. et Focant. M., 1989.** Probiotics In Animal Nutrition: A Review Active Fur Tiernhurg Berlin, 40, 543-592 p.
- Vanberwoorde. L., Christiaens. H. et Verstreate. W., 1991.** In vitro Appronisal of the Probiotics Value of Intestinal Lactobacilli. World Journal of Microbiology and Biotechnologie, 7 587-592 p.
- Villate. D., 2001.** Maladie des volailles 2^{ème} édition, édition France agricole, 3^{ème} édition 318-324 p.

Xu., 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. 625-631p.

Yiannikouris. A., Francois. J., L. Poughon, C.-G. Dussap, G. Jeminet, Bertin. G. and Jouany. J.P., 2004. Influence of pH on Complexing of Model b-D-Glucans with Zearalenone. Journal of Food Protection, 2741-2746 p.