



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**

**Paramètres d'élevage et effet des probiotiques sur les performances de  
production du poulet de chair**

Présenté par  
**BOUHARAOUA Bouchra**

**Devant le jury :**

<b>Président(e) :</b>	DJELLATA N.	MCA	ISV Blida
<b>Examineur :</b>	LOUNAS A.	MCA	ISV Blida
<b>Promoteur :</b>	YAHIA A.	MCA	ISV Blida

**Année : 2021-2022**

# Remerciement :

*Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout-puissant de m'avoir donné le courage, la patience et La Volonté pour achever ce travail.*

*En tout premier lieu je tiens à remercier mon promoteur Dr. YAHIA Achour de m'avoir encadrée, de m'avoir guidée, Soutenue et encouragée, pour ces précieux conseils et pour son aide tout au long de mon travail.*

*Je remercie également Madame DJELLATA N qui m'a fait l'honneur de présider le jury et Monsieur LOUNAS A pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à tous les enseignants d'ISV Blida qui m'ont enseigné tout au long de ces années.*

# Dédicaces :

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents, source de mes joies et secret de ma force.*

*Les deux êtres les plus chers au monde pour toute leur tendresse*

*et les sacrifices consentis à mon éducation et mon bien-être.*

*Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,*

*le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*A mes très chers frères pour leurs aides et leurs soutiens.*

*A tous mes amis, spécialement Khadidja, Nesrine et Chaima en*

*souvenir de tout ce qu'on a pu partager.*

## Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Introduction	01
<b><u>Chapitre I</u> : Généralités sur le poulet de chair</b>	
1. Définition	03
2. Classification de la poule	03
3. Types de production du poulet de chair	03
4. Anato-mo-physiologie de la digestion chez les volailles	04
<b><u>Chapitre II</u> : Elevage de poulet de chair</b>	
1 .Modes d'élevage de poulet	07
1.1. L'élevage au sol	07
1.2. L'élevage en batterie	08
2. Logement	09
2.1. Bâtiment d'élevage	09
2.2. Condition d'ambiance	09
2.2.1. Température	09
2.2.2. Hygrométrie	11
2.2.3. Ventilation	11
2.2.4. Litière	12
2.2.5. Densité de l'élevage	13
2.2.6. L'éclairage	13
3. Alimentation	13
3.1. Les caractéristiques générales de l'alimentation	14
3.2. Les besoins nutritionnels du poulet de chair	14
3.2.1. Besoins en énergie	15

3.2.2. Besoins en protéine	16
3.2.3. Besoins en minéraux et en vitamines	17
3.2.4. Besoins en eau	18
3.3. Les matières premières dans l'alimentation du poulet de chair	19
3.3.1. Sources d'énergie	20
3.3.1.1. Le maïs	20
3.3.1.2. Le blé	20
3.3.1.3. Le sorgho	20
3.3.1.4. L'orge	21
3.3.2. Sources de protéines	21
3.3.2.1. Le tourteau de soja	21
3.3.2.2. Le tourteau de coton	21
3.3.2.3. Le tourteau de colza	22
3.3.2.4. Les grains protéagineux	22
3.4. Formulation	24
3.4.1. Principe	24
3.4.2. Etapes de la formulation d'aliment de poulet de chair	25
3.4.2.1. Détermination des besoins nutritionnels	25
3.4.2.2. Préparation et présentation de l'aliment	26
4 .Les performances zootechniques	28
4.1. Indice de consommation	28
4.2. Taux de mortalité	28
4.3. Gain de poids	28
4.4. Le gain moyen quotidien	29
4.5. Index de production	29

### **Chapitre III :** Généralités sur les probiotiques

1. Historique	30
---------------	----

2. Définition	30
3. Relation probiotiques, prébiotiques et synbiotiques	31
3.1. Probiotiques et prébiotiques	31
3.2. Probiotiques et synbiotiques	31
4. Sources et formes des probiotiques	31
5. critères de sélection des probiotiques	32
6. Mécanisme d'action	32
7. Effets des probiotiques sur les paramètres zootechniques et la santé digestive du poulet de chair	34
7.1. Effets sur les performances zootechniques	34
7.2. Effets sur la santé digestive	35
Conclusion	37
Références bibliographiques	38

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Température ambiante du poulet de chair au cours d'élevage (Njonga, 2011).	11
<b>Tableau 2</b> : Les besoins minimums de litière (Anonyme, 2010).	12
<b>Tableau 3</b> : Apports recommandés (% de la ration) à différents stades de vie en protéines, acides aminés et en minéraux en fonction du niveau énergétique de la ration (kcal d'EM/kg) chez le poulet de chair (INRA, 1984).	17
<b>Tableau 4</b> : Apports recommandés en minéraux et en vitamines dans l'alimentation du poulet de chair (ITAVI, 2003).	18
<b>Tableau 5</b> : consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge chez le poulet de chair (Larbier et Leclercq, 1992).	19
<b>Tableau 6</b> : valeur nutritive de quelques matières premières pour volailles selon plusieurs auteurs.	23
<b>Tableau 7</b> : besoins quotidiens recommandés pour poulet de chair (INRA, 1989).	26
<b>Tableau 8</b> : effets de la taille des particules alimentaires sur les performances du poulet de chair (Nir et al, 1994).	27

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : appareil digestif du poulet (Drogoul et al, 2013).	5
<b>Figure 2</b> : proventricule et gésier ; vue externe d'après (Denbow, 2000) et en coupe longitudinale d'après (Moran, 1982).	6
<b>Figure 3</b> : Des poulets en élevage intensif (Driouche & Hamidi, 2017).	7
<b>Figure 4</b> : Des poulets en élevage extensif (Driouche & Hamidi, 2017).	8
<b>Figure 5</b> : Elevage des poulets en batterie (Driouche & Hamidi, 2017).	8
<b>Figure 6</b> : Distribution des poussins dans différentes température (Anonyme, 2012).	10
<b>Figure 7</b> : Partition des flux énergétiques chez l'oiseau (valeurs moyennes) (Larbier et Leclercq, 1992).	16
<b>Figure 8</b> : Formes des aliments pour poulet de chair (Hubbard, 2017).	27

## Liste des abréviations

**%** : Pourcent

**°C** : Degré Celsius

**AA** : Acide aminé

**AAE** : Acide aminé essentiel

**AAANE** : Acide aminés non essentiel

**AAS** : Acide aminé soufré

**APC** : Antibiotiques promoteurs de croissance

**BHA** : Hydroxyanisole butylé

**BHT** : Hydroxytoluène butylé

**Ca** : Calcium

**CB** : Cellulose brute

**cm** : Centimètre

**CMV** : Complément minéralo-vitaminé

**DFM** : Direct feed microbial

**EB** : Energie brute

**ED** : Energie digestible

**EM** : Energie métabolisable

**EN** : Energie nette

**FAO** : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

**FCR** : Feed conversion ratio

**g** : gramme

**GMQ** : Gain moyen quotidien

**GP** : Gain de poids

**H** : Heure

**HCl** : acide chlorhydrique (chlorure d'hydrogène)

**HR** : Humidité relative

**I.P** : Index de production

**IC** : Indice de consommation

**IgA** : immunoglobulines A

**IgG** : immunoglobulines G

**IgM** : immunoglobulines M

**J** : Jour

**Kcal** : kilocalorie

**Kg** : Kilogramme

**M** : Mètre

**M.A.R.A** : Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire

**m<sup>2</sup>** : Mètre carré

**m<sup>3</sup>** : Mètre cube

**MG** : Matière grasse

**mm** : Millimètre

**MP** : Matière première

**MS** : Matière sèche

**ND** : non déterminé

**O.N.A.B** : Office national des aliments du bétail

**OMS** : Organisation mondiale de la Santé

**P** : Phosphore

**Pa** : poids à l'abattage

**PB** : Protéine brute

**pH** : Potentiel hydrogène

**Pi** : poids initial

**PNA** : Polysaccharides non amylacés

**Ppm** : Partie par million

**PV** : Poids vif

**PVf** : poids vif final

**PVi** : poids vif initial

**T/D** : totale/digestible

**T/dispo** : totale/ disponible

**TM** : Taux de mortalité

**UFC** : unité formant colonie

**UI** : Unité international

**W** : Watt

## Résumé

L'usage abusif des antibiotiques comme facteur de croissance et dans la prophylaxie dans la production avicole depuis les années cinquante à favoriser l'émergence et la dissémination de l'antibiorésistance à grande échelle. La recherche des alternatifs s'impose. Parmi les alternatifs, les probiotiques ont suscité beaucoup d'intérêt.

L'utilisation des probiotiques permet une amélioration des performances zootechniques tout en préservant l'état sanitaire du poulet de chair.

L'objectif de ce travail est de présenter l'impact de la supplémentation alimentaire en probiotiques sur les performances zootechniques du poulet de chair.

Mots clés : poulet de chair, probiotique, performances zootechniques.

## ملخص

أدى سوء استخدام المضادات الحيوية كعامل نمو وفي الوقاية في إنتاج الدواجن منذ الخمسينيات من القرن الماضي لتعزيز ظهور وانتشار مقاومة المضادات الحيوية على نطاق واسع. البحث عن البدائل ضروري. من بين البدائل، أثارت البروبيوتيك الكثير من الاهتمام. يسمح استخدام البروبيوتيك بتحسين الأداء الحيواني التقني مع الحفاظ على الحالة الصحية لدجاج الفروج. الهدف من هذا العمل هو تقديم تأثير مكملات البروبيوتيك الغذائية على الأداء الحيواني التقني لدجاج الفروج. الكلمات المفتاحية: دجاج الفروج، بروبيوتيك، الأداء التقني الحيواني.

## **Abstract**

The abusive use of antibiotics as growth promoters and prophylactics in poultry production since the fifties has favored the emergence and spread of antibiotic resistance on a wide side. The search for alternatives is essential. Among the alternatives, probiotics have aroused much interest.

The use of probiotics allows an improvement of the zootechnical performances while preserving the sanitary state of the broiler chicken.

The objective of this work is to present the impact of dietary supplementation with probiotics on the zootechnical performance of broiler chicken.

Key words: broiler chicken , probiotic , zootechnical performances .

# Introduction

## **Introduction :**

La production animale fait partie intégrante de l'agriculture, du développement rural et durable, car elle joue un rôle important dans la sécurité alimentaire, les revenus et l'épargne des ménages, et la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles (Boughaba, 2012).

Des progrès significatifs ont été réalisés dans l'élevage de poulet de chair ces dernières années, entraînant une demande croissante de viande de volaille. L'élevage de poulet de chair est devenu l'un des domaines agricoles les plus importants, offrant aux agriculteurs beaucoup d'argent en raison de la facilité trouvée dans cet élevage (Douha, 2017).

Aujourd'hui, le pays algérien compte beaucoup sur le développement de la production avicole pour améliorer l'alimentation de ses habitants et atteindre l'autosuffisance en produits avicoles pour pallier les pénuries de protéines (Soufi, 2008). Cependant, l'élevage de poulets de chair en Algérie fait encore face à de nombreuses contraintes, telles que des bâtiments vétustes, une mauvaise maîtrise de l'atmosphère et une alimentation de mauvaise qualité. Ces derniers facteurs ont un impact important sur les performances de croissance et donc sur la production des élevages (Elbouamrani et Hadjmoussa, 2017).

L'utilisation d'antibiotiques comme promoteur de croissance est devenue une pratique courante dans l'élevage des animaux de la ferme, en particulier de la volaille, afin de répondre aux besoins d'une population croissante, ainsi qu'aux exigences des consommateurs en matière de goût et de qualité des produits. Le rôle principal de ces antibiotiques est de contrôler certaines maladies infectieuses chez les animaux, d'augmenter leur poids corporel et d'améliorer leurs performances (Donoghue, 2003). Ces dernières années, la surconsommation d'antibiotiques a été fortement observée : il est aujourd'hui démontré qu'elle est à l'origine du développement et du transfert de résistances chez plusieurs bactéries pathogènes (Toghyani, Tohidi et al, 2013).

L'interdiction de l'utilisation d'antibiotiques en tant que promoteurs de croissance est toujours possible en raison des préoccupations selon lesquelles une utilisation excessive d'antibiotiques dans les aliments pour volailles pourrait causer de graves dommages à la santé publique et à l'image de qualité de ces produits, posant un défi majeur à la production de viande de volaille (Gaggia, Mattarelli et al. 2010). Par conséquent, il est crucial de trouver des alternatives potentielles aux antibiotiques favorisant la croissance. Ces produits comprennent une variété de substances et de micro-organismes, y compris des probiotiques. En effet, ces alternatives

ont démontré qu'elles sont comparables aux effets escomptés par APC d'assurer un bon équilibre du microbiote intestinal et d'améliorer la santé digestive et les performances zootechniques.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'impact des probiotiques sur les performances zootechniques du poulet de chair.

Ce mémoire comporte 3 chapitres dont le premier traite des généralités sur le poulet de chair.

Le deuxième comporte les modes d'élevages, logement, l'alimentation et les performances zootechniques.

Enfin le troisième concerne les probiotiques et leurs influences sur les paramètres zootechniques.

# **Chapitre I :**

## **Généralités sur le poulet de chair**

## Chapitre I : Généralités sur le poulet de chair

### 1- Définition :

Une volaille est un oiseau domestique, appartenant généralement aux gallinacés ou palmipèdes, élevé pour sa chair ou ses œufs, et le poulet est la volaille élevée pour sa chair (Ellies, 2014). Le poulet est un granivore, sa capacité d'ingestion dépend de la taille des particules et de la facilité de préhension. Sa croissance est d'autant plus rapide et son indice de consommation est amélioré (INRA, 1989).

Le poulet de chair est le principal type de volaille consommée dans de nombreux pays (FAO, 2009), il représente l'espèce d'animaux d'élevage la plus facile à accéder par les personnes à faible revenu, et constitue une source de protéines importante (Alders et al, 2005).

### 2- Classification de la poule :

La systématique de la poule domestique a été décrite par Singhapol en 2003 :

Règne : Animal

Sous-règne : Métazoaires

Embranchement : Chordés

Sous-embranchement : Vertébrés

Classe : Oiseaux

Ordre : Galliformes

Famille : Phasianidés

Genre : Gallus

Espèce : Gallus gallus domesticus

### 3- Types de production de poulet de chair :

On distingue selon l'âge et le poids d'abattage les types suivants (Drogoul et al, 2013) :

\* Le coquelet ou le poussin,

\* Poulet export « quatre-quarts »,

\* Poulet lourd,

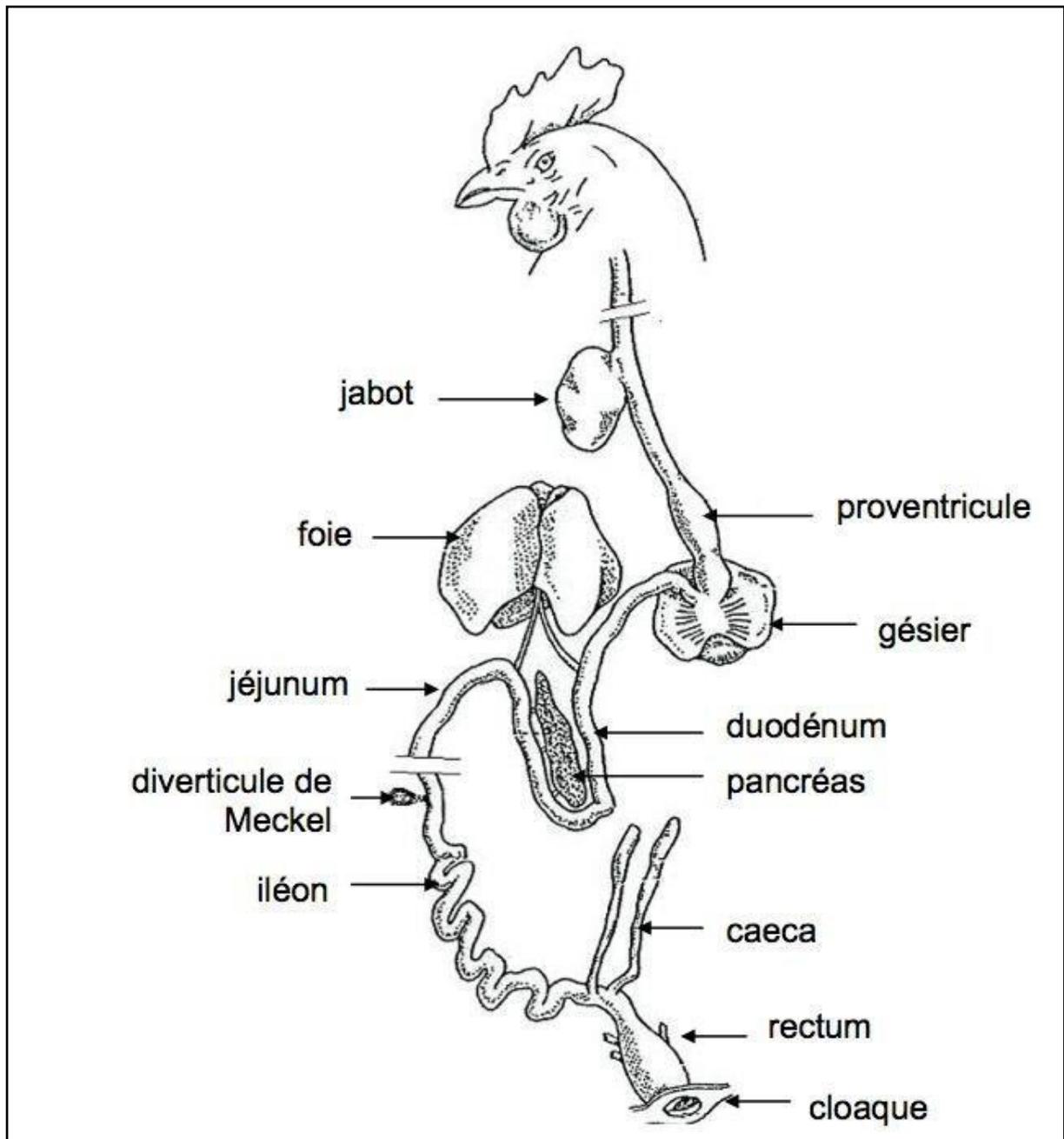
\* Poulet standard.

#### **4- Anatomo-physiologie de la digestion chez les volailles :**

Les aliments, après préhension par le bec, sont transférés dans le proventricule, avec un éventuel stockage préalable dans le jabot. Ce stockage est régulé par l'état de remplissage du gésier : si le gésier est plein, le chyme est stocké dans le jabot où se trouvent certaines bactéries amylolytiques, tels que des lactobacilles, qui initient la dégradation de l'amidon.

Le proventricule est le lieu de sécrétion de la pepsine et d'HCl (Moran, 1985), il débouche dans le gésier où s'effectuent le broyage et le malaxage du chyme. Cet organe est entièrement musculaire (à part une couche cornée interne revêtue épithélium simple constitué principalement d'entérocytes, de cellules à mucus et de cellules endocrines. Cet épithélium repose sur un tissu connectif, la lamina propria, qui elle-même repose sur une couche de muqueuse musculaire).

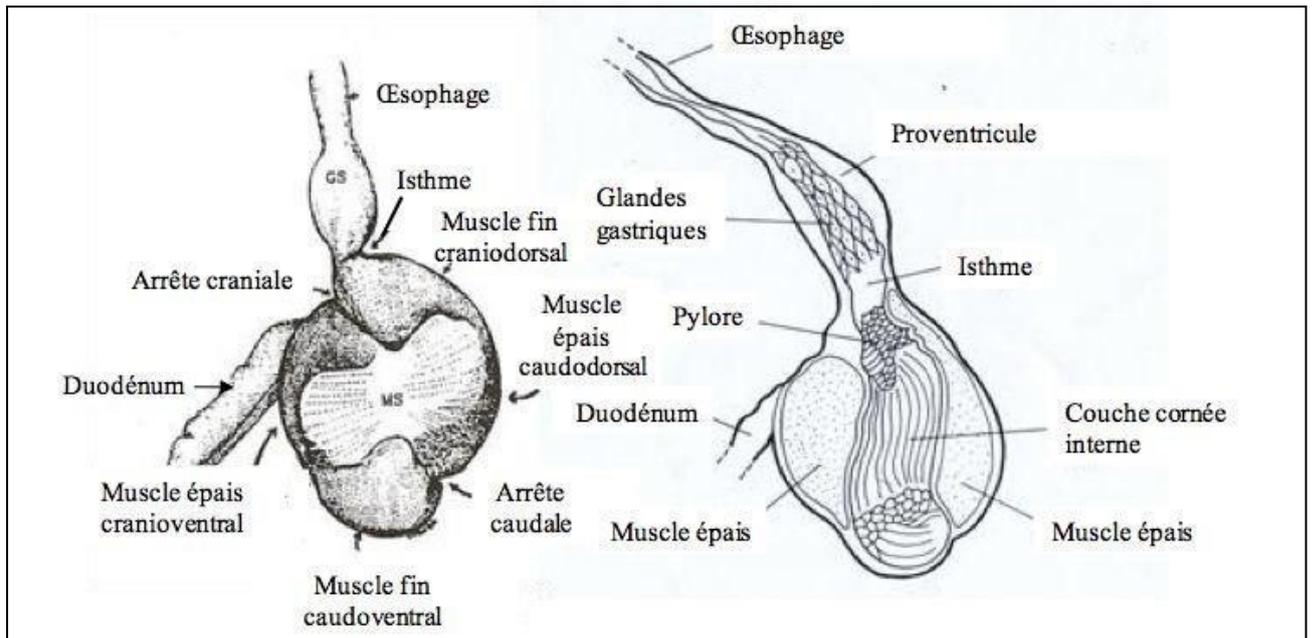
Le poids du gésier reflète donc la puissance de broyage de l'organe, ainsi que son activité. Le gésier est séparé du proventricule et du duodénum respectivement par l'isthme et le pylore (Voir figure n° 1). Ces deux zones sont impliquées dans la régulation des processus de digestion. La région pylorique est courte (Yamamoto et *al*, 1995), mais essentielle car, elle permet de réguler le passage du chyme du gésier vers le duodénum, et joue un rôle de filtre en ne laissant passer que des particules de très faible taille (Ferrando et *al*, 1987), sans être un sphincter (Turk, 1982), c'est-à-dire que le pylore chez le poulet, autorise les reflux du duodénum vers le gésier.



**Figure 1** : appareil digestif du poulet (Drogoul et *al*, 2013).

L'intestin grêle, qui débute anatomiquement au pylore, est divisé en trois parties :

- Le duodénum (du pylore jusqu'à la portion distale de l'anse duodénale),
- Le jéjunum (de la portion distale de l'anse duodénale jusqu'au diverticule de Meckel), et,
- L'iléon (du diverticule de Meckel à la jonction iléocæcale) (Voir figure n °1).



**Figure 2 :** proventricule et gésier ; vue externe d'après (Denbow, 2000) et en coupe longitudinale d'après (Moran, 1982).

L'appareil digestif des volailles est relativement court et apparaît très adapté pour transformer les aliments concentrés en éléments nutritifs. Il possède une grande efficacité digestive et d'absorption, ce qui lui permet de bien valoriser la ration qui séjourne à peine 10 heures dans le tube digestif (Larbier et Leclercq, 1992). L'originalité de la partie terminale encore appelée cloaque est l'aboutissement à la fois du rectum et des voies uro-génitales. Cette particularité anatomique rend difficile la détermination de l'énergie digestible chez les oiseaux, conduisant ainsi dans la pratique à la mesure de l'énergie métabolisable (Villate, 2001).

## **Chapitre II :**

Elevage de poulet de chair

## Chapitre II : Elevage de poulet de chair

### 1- Modes d'élevage de poulet :

Il y a deux types :

#### 1.1- L'élevage au sol :

Il peut être intensif ou extensif.

L'élevage intensif se fait pour le poulet de chair soit pour les grands effectifs. Il a pris sa naissance en Algérie avec l'apparition des couvoirs au sein des structures du ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire (M.A.R.A.) qui a créé l'O.N.A.B et l'O.R.A.V.I.E (O.R.A.V.I.E, 2004).



**Figure 3 :** Des poulets en élevage intensif (Driouche & Hamidi, 2017).

L'élevage extensif se pratique pour les poules pondeuses, il s'agit surtout des élevages familiaux de faibles effectifs, il s'opère en zone rurale. La production est basée sur l'exploitation de la poule locale. C'est un élevage qui est livré à lui-même, généralement aux mains de femmes, l'effectif moyen de chaque élevage fermier est compris entre 15 et 20 sujets, les poules sont alimentées par du seigle, de la criblure, de l'avoine, et des restes de cuisines. Elles sont élevées en liberté et complètent leur alimentation autour de la ferme. Les poules sont destinées à la consommation familiale ou élevées pour la production des œufs (Belaid, 1993).



**Figure 4 :** Des poulets en élevage extensif (Driouche & Hamidi, 2017).

### **1.2- L'élevage en batterie :**

Dans cet élevage, la claustration est complète. On peut y élever des poulets de chair, ou des poules pondeuses. L'oiseau reste enfermé seul ou avec deux ou trois congénères dans une cage. Un assemblage de cages forme un dispositif appelé batteries. Les avantages de cette méthode sont évidents, notamment une densité importante de poules dans un volume réduit (Koyabizo Ahonziala, 2009).



**Figure 5 :** Elevage des poulets en batterie (Driouche & Hamidi, 2017).

## **2- Logement :**

### **2.1- Bâtiment d'élevage :**

Les poulaillers sont des abris qui protègent les volailles contre les prédateurs et le mauvais temps et qui permettent d'améliorer la production avicole (Alders, 2005). Lors de la planification et de la construction d'un bâtiment d'élevage type chair, la première chose est de choisir un endroit ou un terrain bien drainé avec une bonne ventilation (Cobb, 2010). Le bâtiment prévu pour l'élevage avicole doit être un bâtiment de type Californien

- ✓ Muret 40 cm, entièrement grillagé des 4 côtés ;
- ✓ Largeur au maximum 8-10 m, pas de limite pour la longueur ;
- ✓ La hauteur : distance entre le sol et toit est de 5 m au milieu du bâtiment ;
- ✓ Le débordement de la toiture : 1,5 m ;
- ✓ La distance entre les deux (02) pentes est de 0,80 m ; le poulailler est muni d'un lanterneau.

### **2.2- Condition d'ambiance :**

#### **2.2.1- Température :**

C'est le facteur qui a la plus grande incidence sur les conditions de vie des animaux, ainsi que sur leurs performances. Les jeunes sujets sont les plus sensibles aux températures inadaptées (ITELV, 2002). Les besoins en température des animaux diminuent avec l'âge, il faudra concevoir un bâtiment pouvant être chauffé efficacement au démarrage d'une bande et étant suffisamment aéré pour que les animaux en phase d'élevage ne souffrent de la chaleur (Berri, 2003).

Les poussins ne peuvent pas réguler leur température corporelle avant l'âge de 12 à 14 jours environ. Cette température corporelle optimale est atteinte grâce au maintien d'une température optimale de l'environnement.

La température du sol et de la litière au moment de la mise en place des poussins est aussi importante que la température de l'air. Il est donc essentiel de préchauffer le bâtiment.

Les bâtiments doivent être préchauffés pendant au moins 24 heures avant l'arrivée des poussins. La température et l'humidité relative (HR) doivent être stabilisées aux valeurs préconisées pour assurer un environnement confortable aux poussins dès leur arrivée. Il peut être nécessaire de préchauffer les bâtiments pendant plus de 24 heures avant l'arrivée des poussins pour permettre à la structure interne du bâtiment d'être chauffée efficacement.

La période requise pour ce préchauffage dépendra de la durée entre deux mises en place de lots et de l'emplacement géographique (les élevages où la température tombe en dessous de zéro pendant les mois d'hiver peuvent nécessiter une période de préchauffage plus longue).

Recommandations environnementales lors de l'installation :

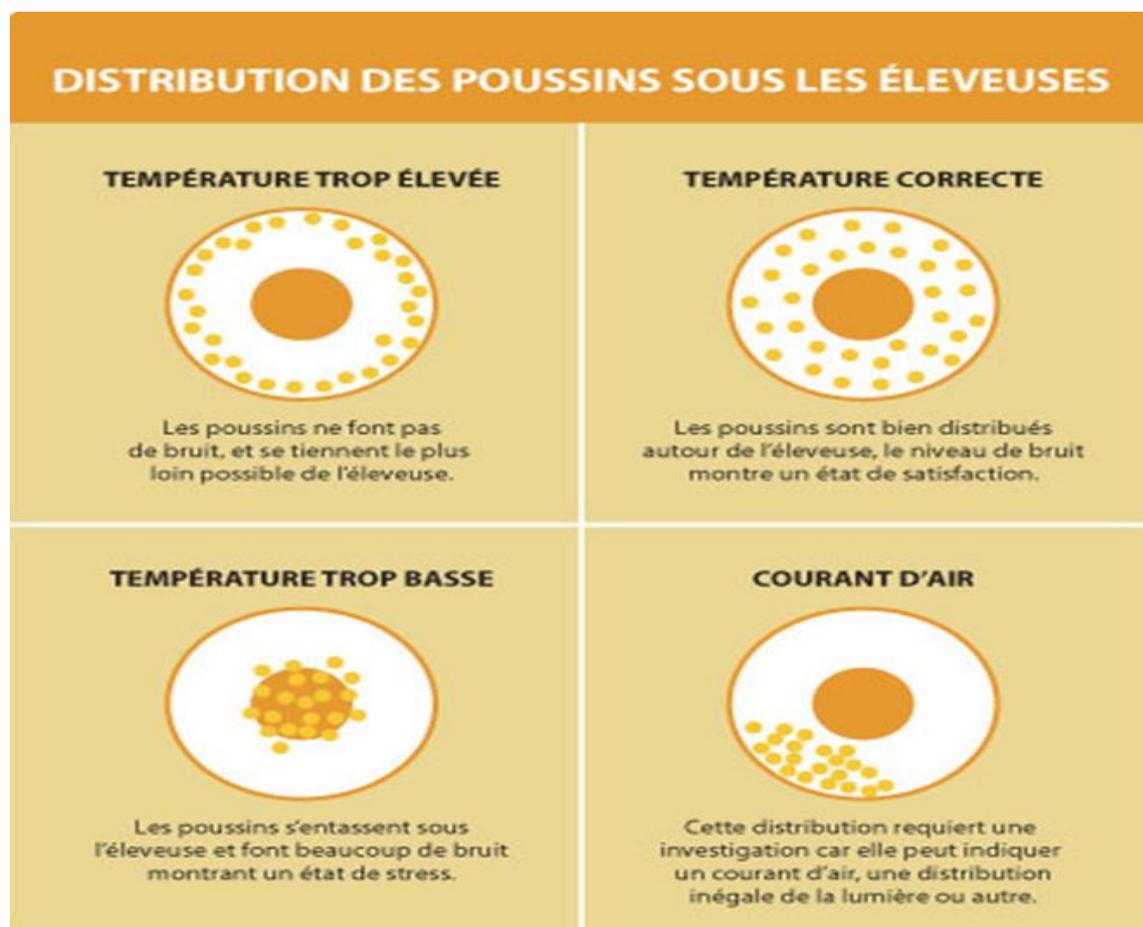
- température ambiante (relevée à hauteur des poussins dans la zone où sont installés l'aliment et l'eau) :

30 °C pour un démarrage sur toute la surface du bâtiment.

32 °C sur le bord de l'espace de démarrage pour les démarrages localisés.

- Température de la litière : 28 à 30 °C.

La température et l'HR doivent être régulièrement surveillées pour garantir un environnement homogène dans toute la zone de démarrage. Cependant, le comportement des poussins reste le meilleur indicateur des conditions environnementales.



**Figure 6 :** Distribution des poussins dans différentes températures (Anonyme, 2012)

**Tableau 1** : Températures ambiante du poulet de chair au cours d'élevage (Njonga, 2011).

Age (jour)	Température ambiante (°C)
1-7	30-34
8-14	30-32
15-21	28-30
22-28	26-28
29-35	24-26
36-42	22-23
43-49	21-22

### 2.2.2- Hygrométrie :

Il est recommandé de maintenir l'hygrométrie relative de l'air ambiant entre 55 et 70 %, car :

- Si elle est inférieure à 55 %, il peut y avoir des problèmes liés à la présence de poussière,
- Si elle est supérieure à 70 %, il y a risque de forte humidification de la litière (ITAVI, 1997a).

Une humidification excessive de la litière par saturation de l'air en vapeur d'eau entraîne un ralentissement des processus de fermentations. Le taux d'humidité d'une litière à forte production d'ammoniac situé entre 20 et 40 % d'hygrométrie relative (ITAVI, 1997b).

### 2.2.3- Ventilation :

La ventilation représente un facteur important du logement. Un bâtiment à pans ouverts est idéal.

Assurant le renouvellement d'air en oxygène et l'élimination des gaz nocifs, de la vapeur d'eau et des poussières, la ventilation doit obéir à 3 règles : (Bouaziz .R, 2010)

- Assurer un débit de renouvellement précis
  - Assurer une bonne diffusion de l'air neuf
  - Permettre un respect des consignes de température
- **Assurer un débit précis** : correspond à assurer un renouvellement suffisant par rapport au facteur le plus limitant de l'ambiance assurée aux animaux :

En période de mise en place, il s'agit principalement de l'élimination des gaz de combustion des radiants (débit minimum de 400 m<sup>3</sup>/h l'été dans un poulailler de 1000 m<sup>2</sup> et 2500m<sup>3</sup>, 800 m<sup>3</sup>/h l'hiver).

Ensuite, pendant 3 semaines, ce sont les besoins d'expulsion de l'eau qui deviennent prioritaires souvent relayée par l'ammoniac qui devient prioritaire. En phase exothermique, c'est la chaleur animale qu'il faut expulser.

- **Assurer une bonne diffusion de l'air neuf** : c'est s'assurer que l'air entrant parvient bien au niveau des animaux et de façon homogène sans vitesse d'air excessive (sauf recherché en cas de coup de chaleur). Le dispositif de ventilation doit permettre que l'air froid entrant suive un parcours descendant dans le bâtiment tel que le mélange avec l'air ambiant l'amène à la température souhaitée en arrivant sur les animaux.

La forme des entrées d'air et la dépression intérieure au bâtiment sont les principaux éléments qui permettront d'obtenir une température de l'air satisfaisante.

- **Permettre un respect des consignes** : Entre une température critique supérieure et une température critique inférieure, de respecter la température de consigne en activant des dispositifs de chauffage et des dispositifs de ventilation, mais sans que cela ne se fasse au détriment des volumes de renouvellement minimum présentés plus haut (tentation de réduire les entrées d'air pour faire des économies de chauffage en période froide en particulier).

#### 2.2.4- Litière :

La litière sert à isoler les poussins du contact avec le sol (micro-organisme et froid) et absorber l'humidité des déjections et permettre aux oiseaux une locomotion facile et un couchage confortable (litière souple, non traumatisante).

Elle doit être saine, sèche, propre, absorbante, souple et constituée de matériaux volumineux et non poussiéreux (exemple paille hachée et copeaux de bois)(Alloui, 2002).

**Tableau 2 :** Les besoins minimums de litière (Anonyme, 2010).

Type de litière	Epaisseur minimale ou volume
Copeaux de bois	2.5 cm
Sciure sèche	2.5 cm
Paille broyée	1 kg /m <sup>2</sup>
Cosses de riz	5 cm
Ecorce de tournesol	5 cm

### **2.2.5- Densité de l'élevage :**

La densité d'élevage est déterminée par un certain nombre de paramètres qui peuvent être des facteurs limitants : les normes d'équipement, la qualité du bâtiment et les facteurs climatiques (Hubbard, 2015).

La densité d'élevage varie selon les phases physiologiques des poulets, d'après FAO (2009), elle est comprise entre :

- Phase de démarrage (poussin de 1 à 15 jours) : 20 à 30 poulets/m<sup>2</sup>.
- Phase de croissance (15 à 30 jours) : 15 à 20 poulets/m<sup>2</sup>.
- Phase de finition (30 à 45 jours) : 10 poulets /m<sup>2</sup>.

### **2.2.6- L'éclairage :**

Dans l'éclairage des bâtiments d'élevage, deux paramètres sont importants : la photopériode et l'intensité lumineuse (Gordon, 1994 ; Buyse et al, 1996). Une intensité lumineuse forte (supérieure à 100lux) stimule l'activité des poulets, ce qui est essentiel notamment dans les premiers jours de vie. La préférence des poulets pour des intensités lumineuses fortes ou faibles varie selon leur âge (Buyse et al, 1996).

Le poulailler doit être éclairé la nuit pour permettre au poulet de s'alimenter jour et nuit afin qu'il croisse et s'engraisse rapidement. Ainsi, les 10 premiers jours, l'éclairage se fait 24h/24h à une intensité correspondant à celle de 2 ampoules de 40w pour 500 sujets. Par la suite, 1 ampoule de 40w suffit avec une suspension de la lumière pendant 2 heures chaque jour (de 19 à 21h) (SOW, 2012).

Pendant la phase de démarrage, un environnement bien éclairé est utile pour repérer facilement l'aliment et la boisson (Anonyme, 2013).

## **2- Alimentation :**

L'alimentation représente entre 45 et 60% du coût total de la production du poulet de chair. De ce fait, l'alimentation ne vise pas systématiquement à maximiser les critères techniques (indice de consommation, vitesse de croissance, etc.), mais à atteindre un optimum économique qui est fonction du coût des matières premières et du prix de vente du produit (Drogoul, 2013).

L'alimentation rationnelle des volailles est fondée sur la connaissance des besoins nutritionnels de chaque catégorie et de chaque âge ; on satisfait ces besoins en combinant les aliments

disponibles suivant des proportions adéquates. Les nutriments de base sont les suivant : glucide, graisse, protéines, minéraux et vitamines (FAO, 1965).

### **3.1- Les caractéristiques générales de l'alimentation :**

L'alimentation se raisonne à l'échelle d'une bande et non d'un individu. Il faut donc tenir compte de l'hétérogénéité (Drogoul et al, 2013). L'hétérogénéité entre les volailles de la même bande augmente leur besoins, la connaissance précise de ces derniers est souvent imparfaite, ce qui nécessite de prendre des marges de sécurité (ISA, 1990). L'alimentation apporte à l'animal les matériaux nécessaires à sa structure et à son fonctionnement, permettant le renouvellement de la matière vivante et l'activité des tissus, et en permettant la production de l'énergie, par ses principes immédiats (Lesbouyries, 1965).

L'aliment destiné aux oiseaux est généralement un mélange de matière première de diverses origines et de composition complexe (Larbier et Leclercq, 1992). L'aliment doit être donné en quantité suffisante et doit contenir un bon équilibre d'ingrédients (Huart, 2004).

Les aliments du commerce peuvent se présenter sous 3 formes différentes :

- Farine,
- Granulés de différentes tailles ou,
- Miettes de différentes tailles.

Les aliments en granulés ou extrudés sont généralement plus facile à gérer par rapport à l'aliment en farine. D'un point de vue nutritionnel, les aliments conditionnés démontrent une amélioration notable en terme de niveau de performance et de croissance par rapport à de l'aliment en farine (COBB, 2010).

L'aliment « démarrage » du commerce est généralement fourni sous forme de miettes ou de farine. Le mélange de matières les plus et les moins appétentes et de minéraux permet de limiter le tri par les animaux. Les aliments « croissance et finition » sont généralement présentés en miettes ou granulés (Morinière, 2015).

### **3.2- Les besoins nutritionnels du poulet de chair :**

Les poules comme tous les animaux ont besoin de manger et de boire pour vivre. Elles ont besoin d'aliment d'entretien, de croissance et de production. Pour satisfaire leurs besoins, il faut leurs apporter les aliments riches en énergies, protéines, sels minéraux et vitamines (GAFPAM, 2016).

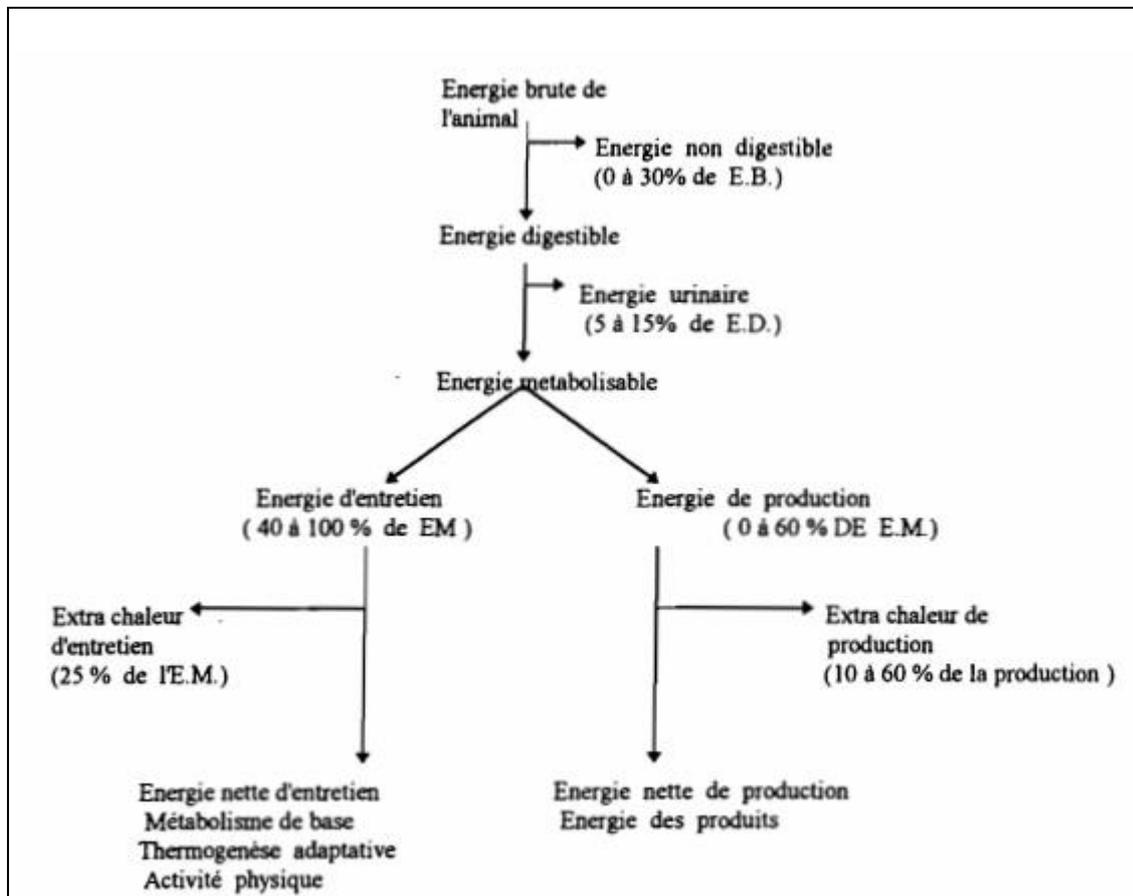
### **3.2.1- Besoins en énergie :**

Les besoins énergétiques pour la croissance comprennent les besoins en énergie pour l'entretien, l'activité et la constitution des tissus corporels nouveaux. Pour obtenir un niveau de croissance suffisamment appréciable, il faut tout d'abord satisfaire les besoins énergétiques pour l'entretien et l'activité de l'oiseau (Picard, 2001).

La valeur énergétique des aliments est généralement basée sur leur teneur en énergie métabolisable (EM) qui ne prend donc pas en compte les éventuelles différences de rendement d'utilisation de l'EM des nutriments pour leur transformation en énergie nette (EN).

L'ingéré énergétique journalier dépend évidemment des besoins de l'animal, mais également de la présentation de l'aliment et de sa teneur en énergie (Larbier et Leclercq, 1992). La valeur énergétique d'une ration est l'un des principaux facteurs déterminant l'efficacité de son utilisation. Il faut moins d'aliment pour élever un poulet de chair lorsqu'on utilise des rations à haute énergie plutôt qu'à faible énergie. L'accroissement du niveau énergétique conduit toujours à une amélioration de l'indice de consommation et de la vitesse de croissance (Azouz, 1997).

Traditionnellement, on distingue deux parts dans les besoins énergétiques des animaux : celle qui concerne leur entretien et celle qu'exige leur production (Larbier et Leclercq, 1992). Les mêmes auteurs définissent la première comme, ce qui est nécessaire au strict maintien de l'homéostasie de l'animal et de l'équilibre énergétique. Autrement dit, elle comprend le métabolisme de base, la thermogénèse adaptative (adaptation au froid, thermorégulation en hyperthermie, thermogénèse alimentaire) et l'activité physique. La seconde correspond chez les poulets de chair aux besoins de croissance (figure n°7).



**Figure 07** : Partition des flux énergétiques chez l’oiseau (valeurs moyennes) (Larbier et Leclercq, 1992).

### 3.2.2- Besoins en protéines :

Les protéines constituent la majeure partie de la viande de poulet et les besoins en protéines sont donc importants chez la volaille. Les 20% à 25% de la carcasse dégraissée de la volaille sont formés de protéines (Rekhis, 2002).

On appelle acides aminés, les éléments qui constituent les protéines. Il existe deux grands types d’acides aminés (AA) : les « essentiels » (AAE), c’est-à-dire ceux que le métabolisme n’est pas (ou mal) capable de les synthétiser et les acides aminés non essentiels (AANE). Chez le poulet, méthionine, lysine, thréonine, tryptophane, leucine, isoleucine, valine, serine, arginine, histidine et phénylalanine sont essentiels (INRA, 2004), (tableau 3).

Les oiseaux ont la possibilité, dans une certaine mesure, de transformer certains acides aminés en d’autres acides aminés, mais une douzaine d’entre eux ne peuvent être synthétisés par l’oiseau, qui devra donc les trouver dans sa ration (FAO, 1965).

Les apports recommandés pour ces acides aminés varient de 1,15 à 1,3 g/100g et 0,65 à 0,75 g/100 g d’aliment respectivement pour la lysine et la méthionine. La méthionine et la lysine sont des acides aminés limitants du fait qu’elles sont souvent déficitaires dans les matières alimentaires, voire dans la ration (Franck, 1980 ; Lachapelle, 1995). La quantité quotidienne de

méthionine et de lysine ingérée influence directement les performances de croissance de l'animal dans la mesure où ces acides aminés servent principalement au dépôt de protéines corporelles. Ainsi, ajuster leur concentration dans l'aliment en fonction du potentiel de croissance des animaux et de leur capacité d'ingestion permet d'optimiser non seulement la croissance mais également l'efficacité alimentaire.

**Tableau 3 :** Apports recommandés (% de la ration) à différents stades de vie en protéines, acides aminés et en minéraux en fonction du niveau énergétique de la ration (kcal d'EM/kg) chez le poulet de chair (INRA,1984).

	Démarrage			Croissance			Finition		
	2900	3000	3100	2900	3000	3100	2900	3000	3100
<b>Concentration énergétique</b>									
<b>Protéines brutes</b>	21.5	22.2	23.0	19.6	20.4	21.0	18.2	18.9	19.5
<b>Lysine</b>	1.12	1.16	1.20	0.98	1.02	1.05	0.84	0.87	0.90
<b>Méthionine</b>	0.47	0.48	0.50	0.43	0.44	0.46	0.38	0.39	0.40
<b>Acides aminés soufrés</b>	0.84	0.87	0.90	0.75	0.77	0.80	0.69	0.71	0.73
<b>Tryptophane</b>	0.20	0.21	0.22	0.19	0.20	0.21	0.16	0.16	0.17
<b>Thréonine</b>	0.77	0.80	0.83	0.68	0.70	0.72	0.58	0.60	0.62
<b>Calcium</b>	1.00	1.03	1.06	0.90	0.93	0.97	0.80	0.83	0.87
<b>Phosphore total</b>	0.67	0.68	0.69	0.66	0.67	0.68	0.60	0.61	0.62
<b>Sodium</b>	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17
<b>Chlore</b>	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15

### 3.2.3- Besoins en minéraux et en vitamines :

Les apports recommandés en minéraux et en vitamines dans l'alimentation de la volaille sont consignés dans le tableau 4. Les minéraux sont classés en macroéléments ou minéraux majeurs (calcium, phosphore, potassium, sodium, etc.), en oligoéléments minéraux mineurs (fer, cuivre, zinc, sélénium, cobalt, bore, fluore etc.) en fonction de l'importance de leur besoin dans l'organisme. Ils interviennent dans la constitution du squelette (os et cartilages), de certains éléments de soutien (tendons et ligaments) et de la coquille des oeufs. Ils sont faiblement représentés dans les aliments d'origine végétale.

Il faut généralement faire appel aux ressources riches en minéraux (coquilles d'huîtres, de mollusques, phosphates, sels) pour couvrir les besoins des oiseaux. Les oligo-éléments et les vitamines (liposolubles et hydrosolubles) jouent un rôle essentiel dans les réactions

biochimiques et enzymatiques de l'organisme. Ils doivent donc être apportés dans l'aliment des poulets. Dans la formulation des rations, leurs quantités sont généralement au-dessus des besoins propres de l'animal dans le but de prévenir d'éventuelles déficiences. Ils sont souvent apportés dans l'alimentation sous forme de compléments minéralo-vitaminés (CMV) ou prémix contenant généralement un antioxydant pour la protection des vitamines sensibles.

**Tableau 4 :** Apports recommandés en minéraux et en vitamines dans l'alimentation du poulet de chair (ITAVI, 2003).

<b>Minéraux et Vitamines</b>	<b>0 à 4 semaines</b>	<b>5 à 8 semaines</b>
Calcium (%)	0.95-1.05	0.85-0.95
Phosphore disponible (%)	0.43	0.37
Phosphore total (%)	0.78	0.67
Sodium (%)	0.15	0.18
Fer (mg/kg)	80	80
cuivre(mg/kg)	10	10
zinc(mg/kg)	80	80
Vit. A (UI/kg)	12000	10000
Vit. D3(UI/kg)	2000	1500
Vit. E (ppm)	30	20
Vit. K3 (ppm)	2.5	2
Thiamine (B1) (ppm)	2	2
Riboflavine (B2) (ppm)	6	4
Ac. Pantothénique (ppm)	15	10
Pyridoxine (B6) (ppm)	3	2.5
Vit. B12 (Ppm)	0.02	0.01
Vit. PP(Ppm)	30	20
Acide folique (Ppm)	1	20
Biotine(Ppm)	0.1	0.05
Choline(Ppm)	600	500

### **3.2.4- Besoins en eau :**

L'eau est le principal constituant du corps et représente environ 70 % du poids vif total. L'ingestion d'eau augmente avec l'âge de l'animal et avec la température ambiante du

poulailler. En général, les volailles consommeraient environ deux fois plus d'eau que d'aliments, comme le montre le tableau 5. En effet, l'eau d'abreuvement permet l'absorption d'éléments nutritifs et l'élimination des matières toxiques et son absence a des répercussions négatives sur les performances des oiseaux. Il est donc indispensable qu'une eau propre et fraîche leur soit apportée en permanences. Par ailleurs, la consommation d'eau augmente avec l'âge, le type de production et la température ambiante du poulailler (Bastianelli et Rudeaux, 2003).

Selon Larbier et Leclercq(1992), une alimentation riche en protéines conduit à une légère surconsommation d'eau qui s'expliquerait par les mécanismes de digestion protéique et d'excrétion rénale d'acide urique. En effet, les oiseaux ont la particularité physiologique de résorber l'eau des urines lorsqu'ils n'en disposent pas en abondance dans leur abreuvement. Cette eau remonte le long du colon, provoquant la précipitation de l'acide urique sous forme d'urates.

**Tableau 5** : consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge chez le poulet de chair (Larbier et Leclercq, 1992).

Age(j)	Poids moyen(g)	Indice de consommation	Aliment ingéré(g/j)	Eau ingérée(g/j)	Rapport eau/aliment
7	180	0.88	22	40	1.8
14	380	1.31	42	74	1.8
21	700	1.40	75	137	1.8
28	1080	1.55	95	163	1.8
35	1500	1.70	115	210	1.8
42	1900	1.85	135	235	1.8
49	2250	1.95	155	275	1.8

### 3.3- Les matières premières dans l'alimentation du poulet de chair :

La formulation des aliments propose des formules répondant aux besoins des animaux à partir des matières premières disponibles (Huart, 2004).

L'aliment peut se présenter sous différentes formes :

- Matières premières simples,
- Aliment composé (mélange d'au moins deux matières premières),
- Aliment complet (aliment composé qui, en raison de sa composition, suffit à couvrir les besoins journaliers) ou,

- Aliment complémentaire (conçu pour compléter des matières premières distribuées à l'animal)

L'intérêt d'une matière première dépend de son coût et de sa valeur nutritionnelle. Celle-ci ne se réduit pas à un seul apport privilégié (énergie, protéines, etc.) et doit prendre en compte l'ensemble des constituants (Drogoul et al, 2013).

### **3.3.1- Sources d'énergie :**

#### **3.3.1.1- Le maïs :**

Le maïs représente la principale source d'énergie dans l'alimentation des volailles (Cothenet et Bastianelli, 1999 ; Drogoul et al, 2013). Sa valeur énergétique est la plus élevée parmi les céréales (Tableau 6). Elle est de 3925 kcal/kg brut (entre 3200 et 3726 kcal/kg de MS). Le maïs est riche en xanthophylle particulièrement disponible et efficaces pour la coloration du jaune d'œuf et de la peau des oiseaux apte génétiquement à fixer ces pigments. Le maïs est pauvre en protéine, les protéines de maïs présentent en outre un profil d'acide aminés très déséquilibrés : déficience en lysine et en tryptophane, excès de leucine. Ce profil d'acide aminé dépende du taux protéiques de la céréale (Larbier et Leclercq, 1992).

#### **3.3.1.2- Le blé :**

Le blé peut substituer entièrement le maïs dans les rations des monogastriques. L'intérêt nutritionnel du blé réside dans son apport énergétique sous forme d'amidon (DeBlas et al, 1995), complété par des composés protecteurs : fibres, magnésium, vitamines du groupe B. Le blé contient une quantité notable de protéines, mais ces dernières ne peuvent pas couvrir les besoins de l'organisme car elles sont déficitaires en lysine, il est donc nécessaire d'associer la consommation de blé à celle d'une légumineuse pour rééquilibrer la qualité protéique globale. Il contient peu de MG, ce qui évite l'accumulation de la graisse non saturée dans la chair de l'animal quand on y inclut une grande quantité dans les rations (Fernandez et Ruiz, 2003).

#### **3.3.1.3- Le sorgho :**

Proche du maïs du point de vue phylogénétique, le sorgho lui ressemble aussi pour la composition chimique et la valeur nutritionnelle. Il est riche en énergie métabolisable à cause de sa forte teneur en amidon et de la présence non négligeable de matière grasse. Un peu moins pauvre en protéine, il n'en possède pas moins les mêmes déséquilibres. Enfin, comme pour le maïs, la disponibilité du phosphore est faible (Larbier et Leclercq, 1992).

### **3.3.1.4- L'orge :**

L'orge est plus riche que le blé en fibres ce qui entraîne un abaissement de sa valeur énergétique, elle est pauvre aussi en protéines (Larbier et Leclercq, 1992). L'utilisation de l'orge à des niveaux élevés chez la volaille détériore les performances de croissance, en particulier chez les jeunes oiseaux (Jeroch et Danicke, 1995). Elle peut être incorporée jusqu'à 30 % dans les aliments des adultes sans incidence négative sur la croissance (Brake et al, 1997). L'orge contient également des  $\beta$ -glucanes qui augmentent la viscosité au niveau de l'intestin et réduisent la digestibilité des nutriments (Chesson, 2001). L'utilisation d'enzymes (principalement des  $\beta$ -glucanases) est donc recommandée dans des régimes à base d'orge (Bedford et Partridge, 2010) et permet ainsi une valorisation nettement plus élevée.

### **3.3.2- Sources de protéines :**

#### **3.3.2.1- Le tourteau de soja :**

Le grain de soja présente une teneur élevée en protéines de très bonne qualité (Hervé et al, 2015) (tableau 6), bien que relativement pauvre en acides aminés soufrés (méthionine, cystine) (Drogoul et al, 2013). Le tourteau de soja, traité thermiquement, est le plus apprécié (bien qu'il présente un ratio lysine / acides aminés soufrés (AAS) déséquilibré par rapport au besoin du poulet) (Dominique, 2009) mais doit être supplémenté en méthionine. Dans la plupart des pays du monde, le tourteau de soja est la principale source de protéines alimentaires pour les volailles. Il est rare que les aliments pour volailles n'en contiennent pas au moins 10 % et certains peuvent en contenir jusqu'à 35 % (William et Dudley, 2003).

#### **3.3.2.2- Le tourteau de coton :**

Sous-produit d'huilerie, le tourteau est une excellente source de protéine, sa teneur en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) est un peu supérieure à celle du soja, mais sa teneur en lysine est plus faible (Huart, 2004). Les principales limites d'utilisation de cette matière première chez la volaille sont sa teneur élevée en fibres et la présence de gossypol. Ce dernier est connu pour se lier à la lysine et réduire sa disponibilité et son absorption au niveau de l'intestin (Nagalakshmi et al, 2007 ; Dagher, 2008). L'usage de tourteau de coton comme source protéique principale nécessite que ces inconvénients soient corrigés ou tolérés dans des conditions économiques rentables (Dongmo et al, 1993).

### **3.3.2.3- Le tourteau de colza :**

Il est fortement limité par sa teneur en cellulose brute, ainsi que par sa teneur en glucosinolates et en sinapine qui induit un goût de poisson dans le jaune d'œuf à coquille colorée et dans certaines viandes de volaille (Drogoul et al, 2004).

### **3.3.2.4- Les grains protéagineux :**

Sont produits par des fabacées (légumineuses) : pois, féverole, lupin, vesce, haricot. Leur utilisation est due à leur richesse en protéine bien pourvus en lysine et déficitaires en acide aminés soufrés. Ces grains contiennent également en proportions variable des matières grasses, de l'amidon et des glucides pariétaux généralement bien digérés. Leur valeur énergétique est bonne. Leur incorporation en l'état dans les régimes est limitée pour des raisons physique (difficulté de granulation) ou antinutritionnels (Laurent et al, 2004).

**Tableau 6 :** valeur nutritive de quelques matières premières pour volailles selon plusieurs auteurs.

<b>Matière première</b>	<b>MS %</b>	<b>PB %</b>	<b>CB %</b>	<b>Ca (g/Kg)</b>	<b>P (g/Kg)</b>	<b>MG (g/Kg)</b>	<b>Amidon (g/Kg)</b>	<b>EM (Kcal/Kg)</b>	<b>Références</b>
<b>Mais</b>	86.42	9.57	2.46	0.05	0.3	ND	/	3726	Conan et al(1992)
<b>Orge</b>	87.10	10.3	4.86	ND	ND	2.8	/	3925	Drogoul et al(2004) Alloui et al(2001)
<b>Triticale</b>	86.9	11.9	2.7	0.2	2.8	ND	/	3412	Coutard(2010) Martin-Rosset(2012)
<b>Sorgho</b>	87	8.8	2.3	0.04	0.3	ND	/	3288	Beyer(2014)
<b>Seigle</b>	87	10	2.2	ND	3.4	ND	53.8	3131	Sauveur(1989) Jay(2014)
<b>Caroube</b>	90.40	30	ND	ND	ND	2.8	ND	3764 ,26	Ozcan et al(2007) Dakia et al(2008)
<b>T. Soja</b>	88.09	51.5 2	6.25	0.34	0.73	ND	ND	2992	Martin-Rosset(2012)
<b>Colza</b>	88.9	36.8	14.8	8.3	11.4	ND	ND	4090	INRA(2002)
<b>Tournesol</b>	93.8	23.2	17.4	ND	11.4	36.9	ND	3558	Le Guen et al (1999a)
<b>Lin</b>	90	34.0 5	12.8 2	6	10.40	9.98	ND	ND	Brunschwig et al(1996)
<b>Arachide</b>	91	49.2	10	ND	0.16	1.4	ND	2825	Chaloub(1984)
<b>Féverole</b>	87.6	29.9	8.4	ND	ND	1.5	44	2852	Kaysi et Melcion(1992)
<b>Pois</b>	86.51	23.7	7.2	ND	ND	2.1	48.2	2757	Carré(1997)
<b>Fève</b>	89.6	26.5	9.23	0.85	ND	ND	ND	2500	Benabdeljelil(1990)
<b>Luzerne</b>	91.7	18.2	27.1	ND	ND	ND	ND	2502	Lebas et Goby(2005)
<b>Son de blé</b>	91.44	16.6 5	10.3 2	0.16	1.49	ND	ND	1700	Larbier et Leclercq(1992) Nijimbere(2003)

ND : non déterminé

Plusieurs additifs alimentaires sont incorporés dans l'alimentation de poulet de chair pour des fins nutritionnelles, technologiques, zootechniques :

- **Zootechniques** : parmi ce type d'additif, on trouve les améliorateurs de digestibilité qui ont pour principale fonction de favoriser une meilleure assimilation des nutriments contenus dans les aliments. Ce type d'additif peut favoriser de meilleures performances de croissance ou une meilleure santé digestive comme les phytases, les enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés (PNA) et les protéases (Cloutier et Klopfenstein, 2015).
- **Nutritionnels** : compte-tenu de la variabilité des apports par les matières premières, une supplémentation en vitamines, minéraux et acides aminés à chaque stade physiologique est nécessaire. Les vitamines et les minéraux sont ajoutés généralement sous forme de Complément Minéro-Vitaminique (CMV), qui représente une faible part dans l'alimentation (environ 2%) mais est essentiel au bon fonctionnement de leur organisme (Normand et al, 2005). Les additifs oligoéléments sont prévus avec une large marge de sécurité, pour tenir compte des variations de composition des matières premières. Les additifs recommandés en oligoéléments sont : cuivre, iode, fer, zinc, sélénium, manganèse (Laurent et al, 2013).
- **Technologiques** : comme les antioxydants utilisés comme conservateurs et qui peuvent éviter la perte de nutriments (surtout des vitamines) dans l'aliment. Certains ingrédients des aliments (les farines de poissons et les matières grasses/huiles) requièrent une protection contre l'oxydation. Les prémix de vitamines doivent contenir un antioxydant à moins que les conditions et la durée du stockage soient optimales. Un complément d'antioxydant pourra être ajouté à l'aliment final lorsqu'un stockage prolongé ou inadéquat est inévitable (Aviagen, 2018). Les antioxydants les plus utilisés sont B.H.T, B.H.A, Gallate de Propyle et Ethoxyquine.
- **Prébiotiques** : sont des substances pouvant stimuler la croissance de micro-organismes bénéfiques, au détriment de ceux qui sont considérés comme nocifs. Les oligosaccharides représentent le principal groupe de ces produits (Aviagen, 2018).

### **3.4- Formulation :**

#### **3.4.1- Principe :**

La formulation d'aliment pour les volailles consiste à rassembler plusieurs matières premières disponibles, quantifier leur taux d'incorporation et les mettre ensemble pour former un

mélange uniforme (Almasad et al, 2011) d'aliments digestibles et équilibrés en vue de satisfaire tous les besoins de la volaille à chaque stade, en accord avec les objectifs de production (Pratiksha, 2011). Simplement, elle consiste à réaliser des calculs afin de déterminer la combinaison de différents ingrédients.

Le formulateur d'aliment doit composer avec les contraintes nutritionnelles des matières premières disponibles et compenser les déficits en énergie, protéines, acides aminés, des unes par d'autres matières premières plus concentrées et cela, sans pénaliser le coût de l'aliment (Hervè, 2015). Afin d'apporter les oligo-éléments et les vitamines nécessaires, il est recommandé d'incorporer dans l'aliment un CMV disponible dans le commerce (Morinière et al, 2015).

### **3.4.2- Etapes de la formulation d'aliment de poulet de chair :**

#### **3.4.2.1- Détermination des besoins nutritionnels :**

Les besoins nutritionnels peuvent être définis comme étant la quantité de nutriments nécessaire pour optimiser un facteur de production, tel que la vitesse de croissance ou la conversion alimentaire (Pomar et al, 2009). Ils sont influencés par la génétique, le sexe, le poids vif, le stade physiologique, l'appétit et les facteurs environnementaux (température, densité...) (NRC, 1981). La vitesse de croissance, les performances de production de chair, la formation du muscle (Moughan et al, 2000), le dépôt de graisse ou des éléments nutritifs dans les organes, la consommation d'aliment sont autant des caractéristiques à définir avant de déterminer le besoin (Sakomura et al, 2005). Traditionnellement, les besoins nutritionnels des volailles sont publiés sous forme de tables (INRA, 1989 ; NRC, 1994) (tableau7).

**Tableau 7 :** besoins quotidiens recommandés pour poulet de chair (INRA, 1989).

Période en jour	Démarrage (0-10j)	Croissance (11-24j)	Finition (25-35j)	Retrait (36-42j)
Quantité(Kg)	0.40	1.2	1.7	1.2
PB(%)	20	19.5	17.5	17
EM(Kcal/Kg)	2600	2800	2900	2900
Lysine T/D(%)	1.14/1.00	1.01/0.88	0.94/0.82	0.86/0.75
Méthionine T/D(%)	0.46/0.43	0.41/0.39	0.36/0.34	0.34/0.32
AAS T/D(%)	0.83/0.73	0.75/0.66	0.66/0.58	0.61/0.54
Phosphore T/dispo(%)	0.76/0.42	0.76/0.42	0.65/0.36	0.65/0.36
Calcium(%)	1.00	0.95	0.90	0.90
Sodium(%)	0.15/0.18	0.15/0.18	0.15/0.18	0.15/0.18

**T/D** : totale/digestible. **T/dispo** : totale/ disponible. **PB** : protéines brutes. **EM** : énergie métabolisable. **AAS** : acides aminés soufrés.

### 3.4.2.2- Préparation et présentation de l'aliment :

La préparation des aliments est réalisée en plusieurs étapes (Bludgen et al, 1996) :

- Pesée des matières premières,
- Mouture (céréales et tourteaux broyés en particules grossières de 0,5 à 1,5 mm, phosphate et CMV incorporées directement dans la ration),
- Pré-mélange des matières premières et répartition homogène des ingrédients,
- Mélange : pré-mélange incorporé progressivement au reste des MP à l'aide d'un mélangeur.
- Incorporation d'huile : réalisée progressivement à la fin et après un certain temps de mélange pour éviter la formation de petites boulettes,

Le niveau et la rapidité d'ingestion sont directement liés à la présentation de l'aliment, le meilleur résultat est donné par un granulé de qualité (tableau 8), d'ailleurs, elle peut être en farine, en miettes ou encore en produit extrudé (Cobb, 2010). L'effet de granulation est d'autant plus important que le niveau énergétique est bas. Pour les aliments haute énergie, l'effet de granulation est moindre dû en partie à la difficulté de granulation de ces aliments. Le rôle de la présentation de l'aliment dans la nutrition des poulets de chair se situe principalement à deux niveaux ; la consommation d'aliment et sa digestibilité.

Dumonteil(1966), préconise selon l'âge de l'animal les dimensions suivantes :

- Pour les poussins : granulés ronds avec 2 à 2,5 mm de diamètre et de longueur,
- Pour les poulettes : granulés de 3 mm de diamètre et de longueur,
- Pour les adultes : granulés de 4 à 6 mm de diamètre et de 5 mm de longueur.

**Tableau 8 :** effets de la taille des particules alimentaires sur les performances du poulet de chair (Nir et al, 1994).

	Diamètres de la céréale		
	0.6mm	1.1mm	2.2mm
<b>Poids à 21j</b>	357	427	401
<b>IC à 21j</b>	1.66	1.56	1.61
<b>Poids gésier (%PV)</b>	2.22	2.80	3.13
<b>pH du gésier</b>	3.57	2.77	2.91

Les aliments de poulet de chair se présentent sous forme de miette, du granulé ou de farine (Figure 8) adaptés à leur capacité à picorer et avaler pour réduire le temps d'alimentation et l'énergie consommée (Hubbard, 2017).



Miettes de démarrage

Aliment granulé

Farine grossière

**Figure 8 :** Formes des aliments pour poulet de chair (Hubbard, 2017).

### **3- Les performances zootechniques :**

Tout débat sur la gestion technico-économique de l'élevage du poulet de chair nous ramène sur l'analyse du ratio du coût alimentaire, autrement dit l'analyse du coût du maïs ou de l'aliment consommé en référence à la quantité de produit fini (Huart, 2004). D'après Castaing (1979), étant donné l'importance de l'alimentation dans le prix de revient du poulet, l'éleveur calcule tout d'abord l'IC après la vente de la bande, surveiller le taux de mortalité qui ne doit pas excéder 3%, et enfin, calculer le prix de revient total d'une bande en comptant les dépenses des postes : poussins, aliment, chauffage. Mais aussi : produits vétérinaires, entretien bâtiment et matériel, amortissement bâtiment et matériel, frais généraux afférents à la bande.

#### **4.1- Indice de consommation :**

C'est la norme internationale en production animale utilisée pour mesurer l'efficacité de la conversation d'un aliment en une production. Correspond à la quantité d'aliment consommée (kg) par un animal pour produire un kilogramme vif de viande.

Selon (Hervé, 2015) :

$$\text{IC} = \text{aliment consommé (kg)} / \text{poids d'abattage (kg)}$$

Dans les conditions normales, l'IC est compris entre 1,9 et 2,1, soit une valeur moyenne de 2 (IEMVT, 1991), c'est à dire 2Kg d'aliment consommé pour produire 1Kg de PV. L'amélioration du matériel « poussin » et de la qualité des aliments occasionne des IC plus avantageux.

#### **4.2- Taux de mortalité :**

Correspond au rapport du nombre total de sujets morts sur l'effectif initial des sujets exposé pendant une période (en pourcentage) (Villemin, 1984).

$$\text{TM (\%)} = \text{Nombre de sujets morts (au cours d'une période)} / \text{Nombre de sujets mis en place} \times 100$$

#### **4.3- Gain de poids :**

Le gain de poids renseigne sur la vitesse de croissance d'une bande de poulet de chair. La croissance est l'ensemble des modifications du poids, de forme, de composition anatomique et biochimique d'un animal depuis la conception jusqu'à l'âge adulte ou jusqu'à l'abattage (Sall, 1990). Par conséquent, l'évolution pondérale devient ainsi l'accroissement du poids en fonction du temps (Akouango et al, 2010), et varie suivant les conditions d'élevage et d'alimentation

(Touko et al, 2009), le type génétique, le sexe et la saison. Selon Marks (1980), des différences de consommation sont décelables à l'âge d'un jour et détermineraient la croissance de chaque souche.

Le gain de poids se calcule suivant l'expression suivante :

$$\mathbf{GP (g) = PVf (g) - PVi (g)}$$

**PVf**: poids vif final. **PVi** : poids vif initial

Ou :  $\mathbf{GP : Pa - Pi}$

**Pa** : poids à l'abattage. **Pi** : poids initial

#### **4.4- Le gain moyen quotidien :**

C'est un paramètre qui varie suivant l'âge et la qualité de l'alimentation (Ayssiwede et al, 2012).

Il est aussi fortement tributaire du niveau de protéines (Gongnet et al, 1995). Il se calcule par l'expression suivante (Mourad, 2017) :

$$\mathbf{GMQ (g/j) : poids d'abattage (g) - poids du poussin (g) / \text{âge à l'abattage (j)}}$$

#### **4.5- Index de production :**

L'index de production est une variable synthétique qui permet de porter une appréciation globale sur les performances technico-économiques des ateliers avicoles. Il intègre le GMQ, l'I.C et la viabilité. Il est exprimé par le rapport :

$$\mathbf{I.P : GMQ \times viabilité / I.C \times 10}$$

# **Chapitre III :**

## Généralités sur les probiotiques

## Chapitre III : Généralités sur les probiotiques

### 1- Historique :

Le concept de probiotiques a été développé grâce aux travaux de Metchnikoff en 1907 (Metchnikoff, 1907). Ce prix Nobel montre que la santé et la longévité des agriculteurs bulgares sont dues à leur consommation de produits laitiers fermentés. Pour lui, l'apport de bactéries lactiques a un effet positif sur la flore intestinale, réduisant la "putréfaction" et l'activité microbienne toxique. Il propose donc d'ingérer Les bactéries lactiques réduisent les maladies intestinales et améliorent l'hygiène digestive, et augmentant ainsi l'espérance de vie. Le terme probiotiques est apparu pour la première fois par Lilly et Stillwell en 1965 (Lilly and Stillwell, 1965) ont décrit une substance qu'un micro-organisme produit et stimule la croissance d'autres micro-organismes. En 1991, Fuller a redéfini les probiotiques comme des préparations microbiennes vivantes utilisées comme additifs alimentaires et qui ont une action bénéfique sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (Fuller, 1991).

### 2- Définition :

Le terme « probiotique » signifie « pour la vie » et D'après la FAO et la WHO les probiotiques sont des « microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquates, produisent un bénéfice pour la santé de l'hôte » (FAO/WHO, 2002).

Le succès des probiotiques dépend aussi de la survie et de la stabilité de ces derniers, La souche utilisée, la concentration par gramme d'aliment, l'état de santé et nutritionnel du poulet, ainsi que l'âge et le niveau de stress (Harimurti et Hadisaputro, 2015 ; Chichlowski et al, 2007).

En fait, les probiotiques impliquent une variété d'espèces, telles que des bactéries bénéfiques, des champignons ou des levures. Cependant, les probiotiques les plus couramment utilisés sont *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Butyricum* et *Streptococcus*. En plus de leur activité favorisant la croissance, ces micro-organismes sont capables de réduire l'incidence de nombreux agents pathogènes tels que *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* etc (Alagawani et al, 2018 ; Iannitti et Palmieri, 2010 ; Chow, 2002).

### **3- Relation probiotiques, prébiotiques et synbiotiques :**

#### **3.1- Probiotiques et prébiotiques :**

Bien que complémentaires, les prébiotiques doivent être distingués des probiotiques car ils ne sont pas des microorganismes. Ils sont définis comme étant des « ingrédients alimentaires non digestibles qui stimulent de manière sélective au niveau du côlon la croissance et/ou l'activité d'une ou d'un nombre restreint d'espèces bactériennes susceptibles d'améliorer la physiologie et donc la santé de l'hôte » (Gibson et Roberfroid, 1995).

#### **3.2- Probiotiques et synbiotiques :**

Les symbiotiques sont un mélange de probiotiques et de prébiotiques (Collins and Gibson 1999). Cette combinaison est très intéressante pour que les probiotiques survivent et fonctionnent correctement car elle leur apporte les éléments nécessaires pour survivre et se développer (Fallah, Kiani et al. 2013). Les symbiotiques sont responsables de l'immunité des volailles (Zhang, Ma et al. 2006). Selon (Awad, Ghareeb et al. 2009), les symbiotiques permettent à l'organisme récepteur de mieux absorber les aliments. Les symbiotiques ont un réel potentiel pour améliorer les performances des volailles (Mohnl, Acosta Aragon et al. 2007). Liong et Shah ont conclu que l'utilisation de synbiotiques module la concentration d'acides organiques et réduit le taux de cholestérol chez les poulets (Liong and Shah 2006).

### **4- Sources et formes des probiotiques :**

Il existe de nombreuses sources de probiotiques, comme les bactéries vivantes (*Bacillus*, *Lactobacillus*, *Butyricoccus*, *Bifidobacterium* et *Streptococcus*), les levures (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* et *Candida*) et les champignons (*Aspergillus*) (Chow, 2002). Chaque groupe contient différents types de micro-organismes (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, etc.), qui à leur tour ont plusieurs souches qui diffèrent selon leur origine (corps humain/animal ou produit fermenté) (Socol et al, 2010). De plus, ils peuvent être phénotypés et génotypés selon leurs caractéristiques pour confirmer leur non-pathogénicité et leur tolérance à la bile (Kabir et al, 2016). Les probiotiques pour la volaille peuvent être une seule souche ou un mélange de deux ou plusieurs espèces (Alagawani et al, 2018). De plus, les probiotiques se présentent sous diverses formes : liquide, poudre, gel, pâte ou granulés, généralement en gélules, comprimés, sachets, etc. (Iannitti et Palmieri, 2010). En

effet, l'administration des probiotiques sous forme sèche, c'est-à-dire sous forme de comprimés, ont une durée de conservation plus longue et une meilleure capacité à tolérer les conditions gastriques (Jiang et al, 2017).

## **5- critères de sélection des probiotiques :**

Les propriétés des probiotiques varient selon les espèces ou les souches micro-organisme. Il est nécessaire de connaître le genre et l'espèce de la souche utilisée, car l'action probiotique est spécifique à la souche microbienne. Il faut caractériser exactement la variété utilisée. La détermination taxonomique des souches des probiotiques potentiels sont une étape essentielle (Guarner F, Aamir G. Khan, 2008). D'autre part, la sélection de la souche idéale à utiliser comme probiotique est un processus complexe. En effet, ce protocole commence par choisir la source des bactéries à isoler et où le tractus intestinal d'une volaille adulte en bonne santé reste le foyer le plus approprié de sélection (Alagawani et al, 2018 ; Harimurti et Hadisaputro, 2015 ; Chow, 2002). Ensuite, la prochaine étape consiste à faire plusieurs tests in vitro pour déterminer les aspects fonctionnels des probiotiques potentiels dont :

- La résistance aux sécrétions du tube digestif à savoir le HCl et la bile (Choudhari et al, 2008 ; Patterson et Burkholder, 2003) ;
- La fixation du probiotique sur les récepteurs des cellules épithéliales de l'intestin en empêchant ainsi le pathogène de s'y lier (l'exclusion compétitive) (Tiwari et al, 2012) ;
- L'inhibition de la croissance d'agents pathogènes potentiels en produisant des substances antimicrobiennes (Khan et Naz, 2013) ;
- La résistance au traitement thermique lors de la fabrication d'aliment : la granulation (Simon, 2005) ;
- La modulation du système immunitaire (titrage des anticorps plasmatiques de l'hôte) (Patterson et Burkholder, 2003).

Ainsi, lorsque toutes les capacités fonctionnelles du probiotique en question ont été jugées, les évaluations subséquentes de celui-ci seront réalisées in vivo (Harimurti et Hadisaputro, 2015).

## **6- Mécanisme d'action :**

Les probiotiques ont de multiples mécanismes d'action basés sur l'inhibition des agents pathogènes, y compris la production d'acides organiques et de substances antimicrobiennes, notamment le peroxyde d'hydrogène, les bactériocines et les défensines (Tiwari et al, 2012).

En effet, dans des études menées in vitro, il a été démontré que les acides organiques (lactique, acétique, propionique), le peroxyde d'hydrogène (nisin, acidolina, lacocydyne, lacatcyna, reutryna, entrocine, laktoline) et les acides gras volatils avaient la capacité d'inhiber la prolifération de certaines cultures bactériennes pathogènes, notamment *Escherichia coli* et *Salmonella* spp. Ceci est réalisé en créant un environnement acide qui n'est pas adapté à leur croissance (Mehdi et al, 2018 ; Yang et al, 2017 ; Van Immerseel et al, 2010 ; Choudhari et al, 2008 ; Chichlowski et al, 2007 ; O'Dea et al, 2006). De plus, les bactériocines ont une activité antibactérienne très élevée contre *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens* (Yadav et al, 2016).

Par conséquent, la supplémentation alimentaire en probiotiques a des conséquences potentielles sur le contrôle de l'entérite nécrosante chez les poulets de chair (Mahmood et al, 2014) et la réduction du nombre d'oocystes chez *E. acervulina* et *E. tenella* (Lee et al, 2007) ou le potentiel antiviral de *Lactobacillus plantarum* YML009 contre le virus de la grippe H1N1 (Rather et al, 2015).

En plus de produire des substances inhibitrices, les probiotiques agissent par un autre mécanisme d'action qui consiste à se lier aux récepteurs des cellules épithéliales intestinales, empêchant ainsi la formation de colonies d'agents pathogènes entériques (Tiwari et al, 2012 ; Choudhari et al, 2008 ; Chichlowski et al, 2007 ; O'Dea et al, 2006 ; Revollo et al, 2006). Cette inhibition compétitive s'effectue soit en adhérant à des sites que les pathogènes ont l'habitude de conquérir, en particulier les villosités et les cryptes, soit en stimulant les cellules caliciformes pour qu'elles sécrètent des mucines (MUC2 et MUC3) (Khan et Naz, 2013).

En outre, les probiotiques agissent en stimulant le système immunitaire en s'adhérant à la muqueuse intestinale, ce qui crée une barrière naturelle à l'entrée des pathogènes intestinaux (Raghuwanshi et al, 2015). En plus, il a été rapporté que les probiotiques ont un effet protecteur, entraînant une production accrue de lymphocytes T, de cellules CD4+ et de cellules productrices d'anticorps (Fong et al, 2016 ; Tiwari et al, 2012 ; Oelschlaeger, 2010), associée à l'expression de cette cytokine stimulante, des interleukines, de l'IFN $\gamma$ , du NK (natural killer) et de l'hypersensibilité retard (Alagawani et al, 2018 ; Yadav et al, 2016).

De plus, les probiotiques participent à la régulation de la production de mucus et de la motilité intestinale, ainsi qu'à la stimulation du pH acide, ce qui favorise l'absorption des protéines et des minéraux comme le cuivre, Calcium, fer, manganèse et magnésium (Raghuwanshi et al, 2015).

## **7- Effets des probiotiques sur les paramètres zootechniques et la santé digestive du poulet de chair :**

Les effets des probiotiques sur la santé et la productivité de la volaille varient considérablement en fonction de plusieurs facteurs :

- Le type du probiotique utilisé (Bacillus, lactobacilles, bifidobactéries, levures, entérocoques, etc.)
- La dose journalière administrée ( $10^7$ – $10^{10}$  UFC/ g d'aliment/oiseau/jour) ;
- Le moment d'administration (démarrage, croissance ou finition) ;
- La méthode d'administration (eau de boisson ou dans l'aliment) ;
- La viabilité des probiotiques ;
- La durée de l'administration (court ou long terme).

### **7.1- Effets sur les performances zootechniques :**

Un alternatif aux antibiotiques promoteurs de croissance se doit d'avoir une efficacité équivalente à celui-ci sur les paramètres zootechniques du poulet de chair tout en étant dénué des mêmes effets indésirables. En effet, il existe de nombreuses études concernant l'effet de l'utilisation des probiotiques dont Lactobacillus, Bifidobacterium, Bacillus, Streptococcus, Pediococcus, Enterococcus et Saccharomyces cerevisiae sur les différents paramètres de performance.

Par exemple, l'ajout d'un mélange de Bacillus licheniformis et de spore de Bacillus subtilis à 0.05% et à un taux de  $2,3 \times 10^8$  UFC/g pour chaque souche a entraîné une augmentation significative de la conversion alimentaire par rapport au groupe témoin (Midilli et al, 2008). De plus, l'ajout de Bacillus coagulans au régime a considérablement optimisé le gain de poids quotidien et total ainsi que la conversion alimentaire par rapport au groupe non supplémenté (Kral et al, 2012 ; Hume, 2011 ; Huyghebaert et al, 2011 ; Francesca et al, 2010). En effet, les compléments alimentaires additionnés de B. subtilis à raison de  $10^5$  UFC/kg d'aliment ont augmenté le poids corporel de 4,4 % par rapport au groupe ayant reçu l'enramycine en tant qu'APC (Mehdi et al, 2018). De plus, l'application de DFM (Direct Feed Microbial) à base de Bacillus amyloliquefaciens à raison de 20 g/kg d'aliment pendant 35 jours a considérablement amélioré les mesures de production de poulets de chair (Ahmed et al, 2014).

Dans un même contexte, le recours à une supplémentation alimentaire en B. licheniformis chez le poulet de chair a amélioré le gain de poids corporel, le FCR (Feed Conversion Ratio) ainsi que

le facteur d'efficacité de production par rapport à une supplémentation en *B. subtilis* (Zaghari et al, 2020). Et manifestement, l'administration d'un mélange de *Lactobacillus* et de *Saccharomyces cerevisiae* à 0,2% améliore l'ensemble des performances de croissance (Bai et al, 2013).

Cependant, l'usage de *Butyricoccus pullicaecorum* en supplémentation alimentaire chez le poulet de chair n'a permis d'avoir aucun effet significatif sur le poids des femelles tout en diminuant celui des mâles .

## **7.2- Effets sur la santé digestive :**

Le tractus gastro-intestinal est la plus grande surface exposée du corps, et une variété de facteurs liés au régime alimentaire et aux agents pathogènes peut affecter négativement l'équilibre délicat de l'intestin d'un poulet, affectant ainsi sa santé. Ce fait est la raison derrière la révélation des effets des probiotiques en tant que substitut de l'APC sur la santé digestive de la volaille.

- **Microflore intestinale :**

Dans des conditions normales, la microflore présente dans le tractus gastro-intestinal d'un poulet de quelques jours est constituée de 400 à 500 souches bactériennes différentes pour un total de  $10^{14}$  UFC/g de contenu intestinal (Baba et al, 1991).

Cette composition varie en fonction de l'âge du sujet, de la présence ou non d'infection intestinale, du régime alimentaire adopté, du stress thermique, qui peut affecter négativement les paramètres de production. Par conséquent, l'ajout de probiotiques à la volaille peut aider à maintenir une flore intestinale normale (Kizerwetter-Swida et Binek, 2009).

- **Impact sur la flore intestinal commensal :**

L'utilisation de *Clostridium butyricum* à une charge de  $2 \times 10^7$  UFC ou  $3 \times 10^7$  UFC/kg d'aliment a profité à l'équilibre du microbiote intestinal (Yang et al, 2012). En outre, l'administration de *B. subtilis* sous stress thermique à raison de 1 g de probiotique/kg d'aliment permet d'améliorer la colonisation des bactéries bénéfiques au niveau de l'intestin (Al-Fataftah et Abdelqader, 2014).

- **Impact sur les entéro-pathogènes :**

La supplémentation alimentaire en probiotiques permet de réduire le nombre de *Salmonella enteritidis*, de *S. Gallinarum*, de *S. typhimurium* et de *Campylobacter jejuni* ainsi que le nombre d'*E. Coli* et des coliformes au niveau de l'intestin du poulet de chair (Dibaji et al, 2014).

De plus, le mélange *Lactobacillus pentosus* ITA23 et *Lactobacillus acidophilus* ITA44 améliore la numération bactérienne du contenu caecal, en diminuant la population d'*E. Coli* et en augmentant celle des bactéries bénéfiques (Faseleh et al, 2016). L'administration combinée de *Lactobacillus salivarius* 59 et *Enterococcus faecium* PXN33 a provoqué une réduction de la colonisation de *S. Enteritidis* S1400 (Carter et al, 2017). La supplémentation alimentaire en probiotiques concourt à l'amélioration de la résistance de la volaille aux espèces d'*Eimeria* provoquant la coccidiose ainsi qu'au contrôle des infections dues à *Listeria monocytogenes* (Dhama et al, 2015).

En outre, *Enterococcus faecium*, *Streptomyces* spp. ou *B. subtilis*, une fois dans l'alimentation du poulet de chair, ont un effet antibactérien sur la microflore intestinale (Latha et al, 2016).

- **Système immunitaire :**

Une supplémentation alimentaire en *Clostridium butyricum* à raison de  $2,5 \times 10^8$  ;  $5 \times 10^8$  ou de  $1 \times 10^9$  UFC/kg d'aliment améliore considérablement la fonction du système immunitaire ainsi que les processus d'oxydation (Liao et al, 2015). A cet égard, la combinaison de 107 UFC/g de *Lactobacillus fermentum* et  $2 \times 10^7$  UFC /g de *Saccharomyces cerevisiae* à une concentration de 0,1 ou 0,2% dans l'aliment pourrait effectivement améliorer le niveau des cellules T du système immunitaire intestinale (Bai et al, 2013). En outre, l'administration des probiotiques en alimentation chez la volaille augmente la production des anticorps comme les IgA intestinales, les IgG sériques ainsi que les IgM qui sont les indicateurs d'une forte immunité (Harimurti et Hadisaputro, 2015 ; Paul et al, 2013 ; Haghghi et al, 2006).

# Conclusion

## Conclusion

Les probiotiques sont des microorganismes très bénignes utilisés en tant que suppléments nutritionnels et médicamenteux qui exercent des effets bénéfiques à la santé animal. Certaines souches de probiotiques ayant fait leur preuve sur le long terme à la fois de leur innocuité et de leur efficacité.

Une supplémentation alimentaire aux probiotiques réduit l'ampleur des lésions intestinales, stimule le système immunitaire, et par conséquent une amélioration significative des paramètres zootechniques du poulet de chair. Ces substances ont un large éventail de mécanismes d'action qui méritent d'être élucidés davantage afin de mieux cerner la problématique et pouvoir par la suite choisir la souche à utiliser.

Ainsi, il serait souhaitable de réaliser plusieurs études in vivo dans le but d'établir un protocole d'usage qui déterminera la souche, la dose, la méthode et la fréquence d'administration du probiotique en fonction de l'effet recherché pour avoir le meilleur rendement. Toutefois, les probiotiques serviront de meilleur alternatif aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'industrie de la volaille.

# **Références bibliographiques**

## Les références

- Ahmed S. T, Islam M. M, Mun H. S, Sim H. J, Kim Y. J. and Yang C. J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. *Poult. Sci*, 93:1963–1971.
- Akouango F, Bandtaba P, et Ngokaka C, (2010). Croissance pondérale et productivité de la poule locale *Gallus domesticus* en élevage fermier au Congo. Dans *FAO, Animal Genetic Resources*, 46, pp.61-65.
- Alagawany M, Abd El-Hack M. E, Farag M. R, Sachan S, Karthik K. and Dhama K. (2018). *The use of probiotics as ecofriendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition*. Springer- Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature.
- Alders R, 2005. *L'aviculture source de profit et de plaisir-Rome* : FAO-21.
- Al-Fataftah A. and Abdelqader A. (2014). Effects of dietary *Bacillus subtilis* on heat-stressed broilers performance, intestinal morphology and microflora composition. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 198:279–285.
- Alloui N, 2002. Effets de la ventilation sur les paramètres de l'ambiance des poulaillers et les résultats zootechniques en été. *Magvet n°42 – mars 2002*.
- Almasad M, Altahat E, AL-Sharafat A, (2011). Applying linear programming technique to formulate least cost balanced ration for white eggs layers in Jordan. *International Journal of Empirical Research*, 1(1): 112-120.
- Aviagen. 2018. *Guide du Poulet du Chair*. 25p.
- Awad, W, et al. (2009). "Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens." *Poultry Science* 88(1): 49-56.
- Ayssiwede S, Missoko-Mabeki R, Mankor A, Dieng A, Houinato M. et Chrysostome C, (2012). Effets de l'incorporation de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn) dans la ration alimentaire de jeunes poulets traditionnels du Sénégal, *Revue Méd. Vét, Dakar*, 163,8-9, pp. 375-386.
- Azzouz H, 1997. *Alimentation de poulet de la chair, institut technique des petits élevages (ITPE)*, édition 1997, P (2), (7-9).

- Baba E, Nagaishi S, Fukata T. and Arakawa A. (1991). The role of intestinal microflora on the prevention of Salmonella colonization in gnotobiotic chickens. *Poult. Sci*, 70:1902–1907.
- Bai S. P, Wu A. M, Ding X. M, Lei Y, Bai J, Zhang K. Y. and Chio J. S. (2013). Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. *Poult. Sci*, 92: 663-670.
- Bastianelli D, Rudeaux F, 2003 : L'alimentation du poulet de chair en climat chaud. (70-76) dans : la production de poulets de chair en climat chaud. – Paris : ITAVI- p 109.
- Bedford M.R, et Partridge G.G, (2010). *Enzymes in farm animal nutrition*. CAB International. London. UK.
- BELAID B, 1993. *Notion de zootechnie générale*. Office des publications universitaires. Alger.
- Berri C, 2003 : Production avicole en climat chaud. Saragosse (Espagne), 26-30 Mai 2003.
- Bludgen A, Parent R, Steyaert P. et Legrand D, (1996). *Aviculture semi industrielle en climat subtropical, guide pratique*, les presses agronomiques de Gembloux : 45-46, 47-48.
- Bouaziz .R. Aimeur, 2010 .*technique d'élevage des volailles de chair*.
- BOUGHABA R., 2012. *Etude de la gestion et de la valorisation des fientes par le lombricompostage dans la willaya de Constantine*. Mémoire de magister en écologie et environnement. Univ. Frères Mentouri, Constantine, 98 pages.
- Brake J.D, Brann D.E, et Griffey C.A, (1997). Barley without enzyme supplementation in broiler grower and finisher diets. *J. Appl. Poult. Res*, 6, 422-431.
- Buyse J, Simons P.C.M, Shouwers F. M. G, Decuypere E, 1996. *World's Poult. Sci. J*, 52,121-130. INRA, Station de Recherches Avicoles. Centre de recherche de Tours.
- Carter A, Adams M, La Ragione R. M. and Woodward M. J. (2017). Colonisation of poultry by *Salmonella enteritidis* S1400 is reduced by combined administration of *Lactobacillus salivarius* 59 and *Enterococcus faecium* PXN-33. *Vet. Microbiol*, 199: 100–107.
- Castaing J. (1979). *Aviculture et petits élevages*. 3ème éd. Edition J.B. Baillière, Paris, 1979.
- Chesson A, (2001). Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. *World's Poult. Sci. J*, 57 (3), 251-263.

- Chichlowski M, Croom J, McBride B. W, Havenstein G. B. and Koci M.D. (2007). Metabolic and physiological impact of probiotics or direct-fed microbials on poultry: A brief review of current knowledge. *International Journal of Poultry Science*, 6: 694-704.
- Choudhari A, Shinde S. and Ramteke B. N. (2008). Prebiotics and probiotics as health promoter. *Veterinary World*, 1: 59-61.
- Chow J. (2002). Probiotics and prebiotics: a brief overview. *J. Renal. Nutr*, 12:76–86.
- Cloutier L. et Klopfenstein C. 2015. Additifs alimentaires ayant des effets sur la santé ou sur les performances de croissance chez le porc et la volaille. Fiches d'information. CDPO. Canada. 39p.
- Cobb, 2010 : Guide d'élevage poulet de chair, performances et recommandations nutritionnelles. P65. Edition 2010, P1, 49,10.
- Collins, M. D. and G. R. Gibson (1999). "Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut." *The American journal of clinical nutrition* 69(5): 1052s-1057s.
- Cothenet G, et Bastianelli D, (1999). Les matières premières disponibles pour l'alimentation des volailles en zone chaude. In production de poulets de chair, 60 - 77. Edition ITAVI, Paris, 1999, 112p.
- Dagher N.J, (2008). Poultry production in hot climate. 2nd Ed. CAB International, London UK, 401p.
- DeBlas J-C, Taboada E., Mateos G-G, Nicodemus N. et Mendez J, (1995). Effect of substitution of starch for fiber and fat in iso-energetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci*, 73 (4) : 1131-1137.
- Denbow M, 2000. Gastrion intestinal anatomy and physiology. Ed, Press A.
- Dhama K, Karthik K, Tiwari R, Shabbir M. Z., Barbuddhe S, Malik S. V. and Singh R. K. (2015). Listeriosis in animals, its public health significance (food-borne zoonosis) and advances in diagnosis and control: A comprehensive review. *Vet. Quart*, 35:211–235.
- Dibaji S. M, Seidavi A, Asadpour L. and Da Silva F. M. (2014). Effect of a synbiotic on the intestinal microflora of chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, 23:1–6.
- Dominique A, (2009). Cahier technique - Produire du poulet de chair en AB. Techn'ITAB. Chapitre VI. Avril 2009. 20p.
- Dongmo T, Pouilles-Duplaix M, Picard M, Mbi C, De Reviers M. Utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des volailles. Étude zootechnique chez des reproducteurs de l'espèce *Gallus domesticus*. *Revue Élev. Méd. vér. Pays trop.* (1993). 46 (4) : 621-630.

- Donoghue, D. J. (2003). "Antibiotic residues in poultry tissues and eggs: human health concerns?" *Poultry Science* 82(4) : 618-621.
- Driouche, & Hamidi. (2017). Etat des lieux de la pratique de l'aviculture type chair, Ain Defla.
- Drogoul C, Gadoud R, Joseph M.M, Jussiau R, Lisberney M.J, Mangeol B, Montméas L, Tarrit A. (2004). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tom(2). Educagri Edition. France. 46p.
- Drogoul C, Raymond G, Marie-Madeleine J, Roland J, Lisberney M.J, Mangeol B, Montaméas L, Tarrit A. Danvy J-L et Soyer B., (2013). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. P355. Edition Educagri. P28, 29, 34, 50.
- El Bouamrani A., Hadj Moussa I. 2017. Situation de l'aviculture type chair. Dans la zone Nord- est dans la wilaya d'Ain Defla. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana Ain Defla : 01-02.
- Ellies M.P, 2014. Les filières animales françaises. Caractéristiques, enjeux et perspectives. Collection synthèse agricole, tee & Doc, Lavoisier, Paris, France, 85-118.
- Fallah, R, et al. (2013). "A review of the role of five kinds of alternatives to in-feed antibiotics in broiler production." *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 5(11): 317-321.
- FAO, (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2009. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2009. Le point sur l'élevage. Rome, FAO.
- FAO, 1965. Alimentation des volailles dans les pays tropicaux et subtropicaux. Première impression, 1965. Collection FAO : Progrès et mise en valeur- Agriculture N°82. P8.9.
- Fernandez V, et Ruiz M, (2003). Técnico en ganadería, Volume 1. Técnico en ganadería, Volume 1. Editeur : Culural, 2003. 556 p.
- Ferrando C, Ver G, Jimenez M and Gonalons E, 1987. Study of the rate of passage of Food with chromium-mordanted plant cells in chickens (*Gallus gallus*). *Quarterly journal of Experimental physiology* P72, 251, 259.
- Fong F. L. Y, Shah N. P, Kirjavainen P, El-Nezami H. (2016). Mechanism of action of probiotic bacteria on intestinal and systemic immunities and antigen-presenting cells. *Int. Rev. Immunol*, 35:179–188.

- Francesca, G, M. Paola, and B. Bruno. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int. J. Food Microbiol*, 141:15–28.
- Franck Y, 1980. L'alimentation des poulets de chair et pondeuses- Paris : ITAVI- P41.
- Fuller, R. (1991). "Probiotics in human medicine." *Gut* 32(4): 439-442.
- GAFPAM, (Guide pratique du poulailler familial) 2016. Mission ADM-Janvier, 2014.
- Gaggia, F., et al. (2010). "Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production." *International Journal of Food Microbiology* 141: S15-S28.
- Gibson G. R., Roberfroid M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota : introducing the concept of prebiotics . *J. Nutr.* juin 1995. Vol. 125, n°6, p. 1401-1412.
- Gongnet G, Sakande S, et Parigi-Binir S.E.H, (1995). Influence des niveaux de protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (*Numida meleagris*) et du poulet de chair (*Gallus domesticus*) en milieu tropicale sec, Tome 146, vol 3, 9p.
- Gordon H.W, 1994. *Revue scientifique ; Sci.72*, 2171-2177.INRA., 2005. P53. *World's Poultry Sci. J.*, 50, 269,215. INRA, 2005.
- Guarner F, Aamir G. Khan,Aamir G. Khan . *Recommandation pratique : Probiotiques et Prébiotiques .Organisation mondiale de gastroentérologie* 2008.
- Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London Ontario, Canada : FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization), 2002.
- Haghighi H. R, Gong J, Gyles C. L, Hayes M. A., Zhou H, Sanei B, Chambers J.R.and Sharif S. (2006). Probiotics stimulate production of natural antibodies in chickens. *Clin. Vaccine Immunol*, 13: 975–980.
- Harimurti S. and Hadisaputro W. (2015). Probiotics in poultry. Springer International Publishing Switzerland. In: *Beneficial Microorganisms in Agriculture, Aquaculture and Other Areas*. Edit: M.-T. Liong, 1-18.
- Huart A, (2004)2. *Gestion technico-économique en élevage des poulets de chair*. P2. Identification F-EP-A5-8. ECOCONGO. P1.
- Hubbard, 2015. *Bibliothèque technique, Guide d'élevage poulet de chair*.
- Hubbard, 2017. *Manuel d'élevage de poulet de chair*.
- Hume, M. E. (2011). Historic perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics. *Poult. Sci*, 90:2663– 2669.

- Huyghebaert, G, R. Ducatelle, and F. V. Immerseel. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Vet. J*, 187:182–188.
- I.T.E.L.V, 2002 : Les Facteurs d’ambiances dans les bâtiments d’élevage avicoles. P14. Institut des techniques des élevages. 9p.
- Iannitti T. and Palmieri B. (2010). Therapeutical use of probiotic formulations in clinical practice. *Clin. Nutr*, 29:701–725. Jadhav K, Sharma K. S, Katoch S, Sharma V. K. and Mane B. G. (2015). Probiotics in broiler poultry feeds: A review. *J. Anim. Nutr. Physiol*, 1:4–16.
- INRA, 1989. Alimentation des animaux monogastriques : porc, lapins, volailles. P271. 2ème édition, Paris.P 158, 85.
- INRA, 2004. Quels « besoins » du poulet de chair en acides aminés essentiels ? Une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratiques de modélisation, 2004. P19-34. INRA Productions Animales. P20.
- ISA, 1990. Guide d’élevage : Poulet de chair.
- ITAVI, 1997a. Les litières. Sciences et Techniques Avicoles, (Hors-série).
- ITAVI, 1997b. L’ammoniac. Sciences et Techniques Avicoles, (Horssérie).
- ITAVI, 2003. Bien être de poulet de chair. Mémoire de fin d’étude : Détermination des conditions d’ambiance et des caractéristiques physico-chimiques de la litière responsables de l’apparition de dermatites de contact en poulet de chair. P31. Edition URA.P9. 2010.
- ITAVI, 2013. Guide du bâtiment d’élevage à énergie positive. Paris, 2013- Dépôt légal 1er trimestre 2014- ISBN 2- 902112-20-3.
- Jeroch H, et Danicke S, (1995). Barley in poultry feeding: a review. *World’s Poult. Sci. J*, 51 (3), 271-291.
- Jiang T, Li H. S, Han G. G, Singh B, Kang S. K, Bok J. D, Kim D. D., Hong Z. S, Choi Y. J. and Cho C. S. (2017). Oral delivery of probiotics in poultry using pH-sensitive tablets. *J. Microbiol. Biotechnol*, 27:739–746.
- Kabir S. L, Rahman S. M, Neogi S. B, Rahman M. M. and Khan M. S. R. (2016). Isolation, identification, molecular characterization and screening of probiotic activities of *Lactobacillus* species from poultry sources at live bird markets in Mymensingh, Bangladesh. *Asian-Aust. J. Biosci. Biotech*, 1:54–65.
- Khan R.U. and Naz S. (2013). The applications of probiotics in poultry production. *World’s Poultry Science Journal*, 69: 621 -632.

- Kizerwetter-Swida M. and Binek M. (2009). Protective effect of potentially probiotic Lactobacillus strain on infection with pathogenic bacteria in chickens. Polish J. Vet. Sci, 12: 15-20.
- Koyabizo Ahonziala, 2009. La poule, l'aviculture et le développement - Science et technique de base.
- Kral, M, AngelovicovaM. and MrazovaL. (2012). Application of probiotics in poultry production. Sci. Papers Anim. Scien. And biotech, 45:55–57.
- Lachapelle A, 1995. Manuel d'aviculture moderne. A L'intention des futurs entrepreneurs en avicultures. Thèse ENSA-P105.
- Larbier M et Leclercq B, 1992. Nutrition des volailles. P355. Edition. INRA. P 27, 28, 29, 30, 33, 34,257, 261, 272.
- Latha S, Vinothini G, Calvin D. J. D. and Dhanasekaran D. (2016). In vitro probiotic profile 683 based selection of indigenous actinobacterial probiont Streptomyces sp. JD9 for enhanced broiler production. J. Biosci. Bioeng, 121: 124-131.
- Laurent D, Christophe B, Emmanuel F, Marie-Christine L. 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Vol (1). Educagri Edition. France. 47-86p.
- Laurent D, Christophe B, Emmanuel F, Marie-Christine L. 2013. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Vol (2). Educagri Edition. France. 36p.
- Lee S. H, Lillehoj H. S, Dalloul R. A, Park D. W, Hong Y. H.and Lin J. J. (2007). Influence of Pediococcus-based probiotic on coccidiosis in broiler chickens. Poultry Science, 86: 63-66.
- Lesbouyries G, 1965. Pathologie des oiseaux de basse- cour. Vigot Frères éditeurs. Paris 6ème édition, 1965.
- Liao X. D, Ma G, Cai J, Fu Y, Yan X. Y, Wei X. B. and Zhang R. J. (2015). Effects of Clostridium butyricum on growth performance, antioxidation, and immune function of broilers. Poult. Sci, 94:662–667.
- Lilly, D. M. and R. H. Stillwell (1965). "Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms." Science 147(3659): 747-748.
- Liong, M. and N. Shah (2006). "Effects of a Lactobacillus casei synbiotic on serum lipoprotein, intestinal microflora, and organic acids in rats." Journal of dairy science 89(5): 1390-1399.

- Mahmood K, Rahman S. U, Hussain R. Z, Abbas T, Arif K. J. and Mahmood F. (2014). Non-antibiotic strategies for the control of necrotic enteritis in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 70: 865-879.
- Mehdi Y, Létourneau-Montminy M. P, Gaucher M. L, Chorfi Y, Gayatri S, Rouissi T, Brar S. K, Côté C, Ramirez A. A. and Godbout S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4:170-178.
- Metchnikoff, E. (1907). *The prolongation of life*, William Heinemann, London, UK.
- Midilli M, Alp M, Kocabach N, Muglah O, Turan N, Yilmaz H. and Akir S. C. (2008). Effects of dietary probiotic and prebiotic supplementation on growth performance and serum IgG concentration of broilers. *S. A. J. An. Sci.*, 38:21–27.
- Mohnl, M, et al. (2007). Effect of synbiotic feed additive in comparison to antibiotic growth promoter on performance and health status of broilers. *Journal of dairy science*, AMER DAIRY SCIENCE ASSOC 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874 USA.
- MORAN, E.T, JR. (1982): Comparative nutrition of fowl and swine. In the gastrointestinal systems. E.T.Moran, Jr.
- Morinière F, Pattier S, Uzureau A, Nayet C, 2015. Cahier technique : alimentation des volailles en agriculture biologique. Chapitre 8 : la FAF en élevage avicole. ITAVI. Juin 2015.
- Moughan PJ, Verstegen MWA, Visser Reyneveld MI, (2000). *Feed Evaluation: Principles and Practice*. Wageningen Press: Wageningen, Netherlands.
- Mourad Y, 2017. *Journal of Industriel Economis*. Vol12 (3). P 17-40. Indicateurs technico-économiques de la production du poulet de chair dans la région d'Ain Touta. P21.
- Nir I, Twina Y, Grossman E, Nitsan Z, (1994). Quantitative effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behaviour of meat-type chickens. *Journal British Poultry Science*. 35(4) :589-602.
- NRC, 1981. *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. National Academy Press: Washington, D.C.
- NRC, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry (9th ed)*. National Academy Press: Washington, D.C.
- O.R.AVI.E, 2004. (Office Régional d'Aviculture de l'Est). Contrôle sanitaire en aviculture du 11 août 2004. 25p.

- O’dea E. E, Fasenko G. M, Allison G. E, Korver D. R, Tannock G. W. and Guan L. L. (2006). Investigating the effects of commercial probiotics on broiler chick quality and production efficiency. *Poultry Science*, 85: 1855–1863.
- Oelschlaeger T. A. (2010). Mechanisms of probiotic actions-a review. *Int. J. Med. Microbiol.*, 300:57–62.
- Patterson J. A, Burkholder K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult. Sci*, 82: 627–631.
- Paul I, Isore D.P, Joardar S.N, Roy B, Aich R. and Ganguly S. (2013). Effect of dietary yeast cell wall preparation on innate immune response in broiler chickens. *Indian Journal of Animal Science*, 83: 307-09.
- Picard M, 2001.Caractéristiques granulométriques de l’aliment des volailles, *INRA productions animales*, 13, 117-130, 2001.
- Pomar C, Dubeau F, Van Milgen J, 2009. La détermination des besoins nutritionnels, la formulation multicritère et l’ajustement progressif des apports de nutriments aux besoins des porcs : des outils pour maîtriser les rejets d’azote et de phosphore. *INRA. Productions Animales*, 22(1): 49-54.
- Pratiksha S, 2011. Comparison of linear and nonlinear programming techniques for animal diet. *Applied Mathematics*, 1(2) : 106-108.
- Raghuwanshi S, Misra S. and Bisen P. S. (2015). Indian perspective for probiotics: a review. *Ind. J. Dairy Sci*, 68:3.
- Rather I. A, Choi K. H, Bajpai V. K, Park Y.H. ( 2015). Antiviral mode of action of *Lactobacillus plantarum* YML009 on Influenza virus H1N1. *Bangladesh J. Pharmacol*, 10:475–482.
- Rekhis J, 2002. Nutrition avicole en Afrique de sud- Rivonia : SPESFEED-324.
- Revollo L, Ferreira A. J. P. and Mead G. C. (2006). Prospects in Salmonella control: competitive exclusion, probiotics, and enhancement of avian intestinal immunity. *Journal of Applied Poultry Research*, 15: 341–351.
- Sakomura NK, Longo FA, Oviedo-Rondon EO, Boa-Viagem C, Ferraudo A, 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poultry Science*, 84: 1363– 1369.
- Sall B., 1990. Contribution à l’étude des possibilités d’amélioration de la production en aviculture traditionnelle: mesure du potentiel de la race locale et des produits d’un

croisement améliorateur. MSc. thèses, Institut National de Développement Rural, St. Louis, Sénégal.75p.

- Simon O. (2005). Micro-Organisms as Feed Additives – Probiotics. *Advances in Pork Prod*, 16: 161-167.
- Singhapol C. (2003). Genetic characterization by microsatellite polymorphism in thai native chicken compare with broiler nad layer fowls. University of Technology. ISBN 974-533-292-5. p17.
- Soccol C. R, Vandenberghe L. P. D. S, Spier M. R.,Medeiros A. B. P, Yamaguishi C. T, Lindner J. D. D., Pandey A. and Thomaz-Soccol V. (2010). The potential of probiotics: a review. *Food Technol Biotechnol*, 48:413–434.
- Soufi S. 2008. La situation de l'élevage avicole dans la région du souf cas de la poule pondeuse d'oeuf de consommation. En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques. Université kasdi merbah-ouargla. p 02.
- SOW O, 2012. Elevage du poulet de chair, par Aryana.
- Tiwari G, Tiwari R, Pandey S. and Pandey P. (2012). Promising future of probiotics for human health: current scenario. *Chronicles Young Sci*, 3:17.
- Toghyani, M., et al. (2013). "Performance, immunity, serum biochemical and hematological parameters in broiler chicks fed dietary thyme as alternative for an antibiotic growth promoter." *African Journal of Biotechnology* 9(40): 6819-6825.
- Touko A, Manjeli Y, Tegua A, et Tchoumboue J, 2009. Evaluation et prédiction de l'effet du type génétique sur l'évolution du poids vif de la poule locale camerounaise. 10 p.
- Van Immerseel F, Ducatelle R, DeVos M. and Boon N. (2010). Butyric acid-producing anaerobic bacteria as a novel probiotic treatment approach for inflammatory bowel disease. *J. Medical Microbiol*, 59: 141–143.
- Villate D, 2001. Maladie des volailles, L'appareil digestif- Paris Edition INRA ; 27-38.
- Villemin M, 1984. Dictionnaire des termes vétérinaires et zootechnique. Vol 470, Edition Vigot, France.
- William A, et Dudley C., 2003. Qualité du tourteau de soja. *Africa protéine*, n°18 septembre 2003.
- Yadav A. S, Kolluri G, Gopi M, Karthik K, Malik Y. S. and Dhama k. (2016). Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry, a review. *J. Experimental Biol. Agricultural Sciences*, 4: 368 – 383.

- Yamamoto Y, A toji Yet Suzuki Y, 1995. Muscular architecture and VIP-Like immun réactive nevers in the gastroduodéal Junction of the chicken. Veterinary Reseach communication 19, 85, 93.
- Zaghari M, Sarani P. and Hajati H. (2020). Comparison of two probiotic preparations on growth performance, intestinal microbiota, nutrient digestibility and cytokine gene expression in broiler chickens, J. Applied Anim. Research, 48:166-175.
- Zhang, G, et al. (2006). Efficiency of probiotics, prebiotics and synbiotics on weight increase of chickens (Gallus Domesticus).