

# République Algérienne Démocratique & Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur & de la Recherche Scientifique

Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie

Département Biotechnologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en

**Spécialité : Production & Nutrition Animale**

THEME

## **Utilisation des enzymes dans l'aliment du poulet de chair**

Présenté par

**Sarah HAROUN**

**Manel BOUFAS**

Devant le jury composé de :

Président	MAHMOUDI N.	MCB	USDB1
Promotrice	MEFTI KORTEBY H.	Professeur	USDB1
Co- promotrice	OUAKLI K.	MCA	USDB1
Examinatrice	SID S.	MAA	USDB1

Année universitaire 2019-2020

## Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidées et de nous avoir données la foi et la force pour achever ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice Pr MEFTI KORTEBY H. et notre Co-promotrice Dr OUAKLI K, pour leurs patiences et leurs gentillesse, pour leurs conseils et leurs orientations clairvoyantes qui nous ont guidées dans la réalisation de ce travail. Chaleureux remerciements.

Un grand et respectueux remerciement à Dr. MAHMOUDI N. pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance. Recevez ici, toute notre gratitude et notre reconnaissance.

Nous tenons aussi à remercier Madame SID S. pour nous avoir fait l'honneur d'examiner notre modeste travail.

Il nous est spécialement agréable, d'exprimer toute notre reconnaissance envers les personnes qui de près ou de loin nous ont apporté leurs soutiens dans la réalisation de ce projet.

Enfin nous remercions également tous nos enseignants et nos camarades de cette promotion pour leurs encouragements.

Merci à tous.

## **Dédicace**

Je dédie ce travail particulièrement

À mes chers parents, qui ont consacré leur noble existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

A mes sœurs, mon frère, mes amies et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

*Sarah*

## **Dédicace**

Je dédie ce travail à mes parents, raison de mon existence, pour leur présence, leur sacrifice, leur soutien, leur compréhension, leur sagesse et pour m'avoir inculqué cet amour pour les études.

À ma sœur et mon frère, également qui ont toujours cru en moi et m'ont toujours encouragée à faire de mon mieux.

Aucun mot ne saurait exprimer ma grande reconnaissance, ma gratitude et mon profond amour. Que dieu vous garde et vous bénisse.

*Manel*

## **Résumé**

La viande blanche constitue une source protéique incontournable dans le monde. Le poulet de chair est un maillot important dans le modèle de consommation de l'Algérien, cependant, les performances aux seins de nos exploitations demeurent en dessous des normes. Les raisons du déclin des performances coïncident avec l'avènement de la prohibition des antibiotiques facteurs de croissance et ceci touche pratiquement tous les pays pratiquant cette spéculation. La non technicité des éleveurs, le choix de l'aliment, la précarité des bâtiments, la non-conformité de l'équipements et des paramètres d'ambiance sont parfois des causes particulières aux élevages Algériens.

Les chercheurs dans le monde accomplissent beaucoup d'efforts pour répondre à la première problématique, en essayant de trouver des alternatifs aux facteurs de croissance proposant ainsi, probiotiques, phytobiotiques et enzymes.

L'objectif de la présente étude étant :

- D'apprécier l'efficacité et l'utilisation des enzymes exogènes dans l'aliment du poulet de chair, dont l'effet est apprécié par les performances.
- Dévaluer les règles de la conduite d'élevage et la conduite alimentaire, leur maîtrise est à l'origine de l'expression du potentiel génétique de l'animal.

Les critères zootechniques retenus chez le poulet de chair afin d'apprécier l'effet d'un additif particulier sont, le poids vif, les consommations journalière et individuelle, les vitesses de croissance, les indices de consommation, les mortalités, le rendement à l'abattage et la qualité de la carcasse.

**Mots clés :** Enzymes exogènes, Performances zootechniques, Poulet de chair, Aliment.

## **Abstract: Use of enzymes in flesh chicken feed**

White meat is an essential protein source in the world. Broilers are an important jersey in the Algerian consumption model, however, the breast performance of our farms remains below standard. The reasons for the decline in performance coincide with the advent of the ban on growth-promoting antibiotics, and this affects virtually all countries that practice this speculation. The non-technical nature of the breeders, the choice of feed, the precariousness of the buildings, the non-compliance of equipment and environmental parameters are sometimes causes specific to Algerian farms.

Researchers around the world are doing a lot of work to address the first problem, trying to find alternatives to growth factors thus offering probiotics, phytobiotics and enzymes.

The objective of this study being:

- To appreciate the efficiency and use of exogenous enzymes in broiler feed, the effect of which is assessed by performance.
- Evaluate the rules of breeding and feeding behavior, their mastery is at the origin of the expression of the genetic potential of the animal.

The zootechnical criteria used in broiler chickens in order to assess the effect of a particular additive are, live weight, daily and individual consumption, growth rates, consumption indices, mortalities, yield at slaughter and carcass quality.

Key words: Exogenous enzymes, Zootechnical performance, Broiler chicken, Food.



## ملخص: استخدام الإنزيمات في علف الدجاج

اللحوم البيضاء هي مصدر بروتين أساسي في العالم. تعتبر الفروج من القمصان المهمة في نموذج الاستهلاك الجزائري ، ومع ذلك ، فإن أداء الثدي في مزارعنا لا يزال دون المستوى. تتزامن أسباب انخفاض الأداء مع ظهور حظر المضادات الحيوية المعززة للنمو وهذا يؤثر فعليًا على جميع البلدان التي تمارس هذه المضاربة. إن الطبيعة غير الفنية للمربيين ، واختيار الأعلاف ، وهشاشة المباني ، وعدم امتثال المعدات والمعايير البيئية هي أسباب خاصة بالمزارع الجزائرية يقوم الباحثون في جميع أنحاء العالم بالكثير من العمل لمعالجة المشكلة الأولى ، في محاولة لإيجاد بدائل لعوامل النمو وبالتالي تقديم البروبيوتيك ، والحيوية النباتية والإنزيمات الهدف من هذه الدراسة هو

لتقدير كفاءة واستخدام الإنزيمات الخارجية في تغذية الدجاج اللحم والتي يتم تقييم تأثيرها من خلال الأداء -

تقييم قواعد سلوك التربية والتغذية ، فإن إتقانها هو أصل التعبير عن الإمكانيات الوراثية للحيوان -

معايير تربية الحيوانات المستخدمة في دجاج التسمين من أجل تقييم تأثير مادة مضافة معينة هي ، الوزن الحي ، الاستهلاك اليومي والفردي ، معدلات النمو ، مؤشرات الاستهلاك ، النفوق ، العائد عند جودة الذبح والذبيحة

الكلمات المفتاحية: الإنزيمات الخارجية ، الأداء التقني الحيواني ، الدجاج اللحم ، الغذاء

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Anatomie externe de la poule .....	4
<b>Figure 2</b> : Vue ventrale du tractus digestif du poulet après autopsie et étalement anatomique.	5
<b>Figure 3</b> : Les glandes salivaires de la poule.....	5
<b>Figure 4</b> : Pancréas de la poule. ....	6
<b>Figure 5</b> : Représentation schématique de la digestion chez le poulet. ....	18
<b>Figure 6</b> : Bordure en brosse de l'intestin . ....	19
<b>Figure 7</b> : Hydrolyse de la phytate par la phytase. ....	32
<b>Figure 8</b> : La forme biochimique de la Bêta-glucanases .....	33
<b>Figure 9</b> : Hydrolyse de Xylane par le xylanase en xylose. ....	34
<b>Figure 10</b> : Hydrolyse complète de la cellulose. ....	35
<b>Figure 11</b> : Structure de L' $\alpha$ -amylase.....	37

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Evolution des normes de chauffage en production de poulet de chair, à l'aide de chauffage d'ambiance ou de chauffage localisé.....	8
<b>Tableau 2</b> : Normes d'éclairage pour les poulets Age standard .....	10
<b>Tableau 3</b> : Matériel d'alimentation pour les poulets standard.....	11
<b>Tableau 4</b> : Présentation des aliments pour les poulets standards en fonction des phases ....	14
<b>Tableau 5</b> : Besoins en nutriments du poulet de chair .....	15
<b>Tableau 6</b> : Consommation d'eau par jour pour 1000 sujets .....	15
<b>Tableau 7</b> : Besoins moyens en oligo-éléments exprimés par kg d'aliment standard.....	16
<b>Tableau 8</b> : Besoins vitaminiques moyens exprimés par kg d'aliment standard .....	17
<b>Tableau 9</b> : Performances et consommation d'eau et d'aliment pour le poulet standard. ....	20
<b>Tableau 10</b> : Evolution du coefficient de variation et de l'homogénéité .....	22
<b>Tableau 11</b> : Les différentes enzymes digestives.....	32

## Liste des abréviations

**AFC** : antibiotique facteur de croissance

**CV** : coefficient de variation

**DCP** : Dichlorophosphate

**EM** : énergie métabolisable

**GMQ** : gain moyen quotidien

**IA** : ingéré alimentaire

**IC** : indice de consommation

**PNA** : polysaccharide non amylacés

**PV** : poids vif

**RC** : rendement carcasse

**TM** : taux de mortalité



## **SOMMAIRE :**

<u>INTRODUCTION</u> .....	1
<u>CHAPITRE 1 L'ELEVAGE DU POULET DE CHAIRE</u> .....	3
1. <u>PRESENTATION DE L'ANIMAL</u> .....	4
2. <u>ANATOMIE DU TUBE DIGESTIF</u> .....	4
3. <u>PARAMETRES D'ELEVAGE</u> .....	7
4. <u>NORMES DE L'ELEVAGE AVICOLE :</u> .....	10
5. <u>Biosécurité et état de santé</u> .....	11
<u>CHAPITRE 2 ALIMENTATION ET PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES</u> .....	13
1. <u>L'ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR</u> .....	14
2. <u>DIGESTION ET ABSORPTION DES ALIMENTS</u> .....	17
3. <u>PERFORMANCES DES ANIMAUX : Paramètres mesurables :</u> .....	20
<u>CHAPITRE 3 ADDITIFS ALIMENTAIRES EN ELEVAGE DE POULET DE CHAIRE</u> ...	24
1. <u>GENERALITE SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES</u> .....	25
2. <u>DEFINITION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES :</u> .....	25
3. <u>PRINCIPAUX ADDITIFS UTILISES EN ELEVAGE</u> .....	26
<u>CHAPITRE 4 LES ENZYMES ET LEUR USAGES DANS L'ALIMENTATION AVICOLE</u> .....	30
1. <u>LES ENZYMES DIGESTIVES :</u> .....	31
2. <u>Usage des enzymes dans l'alimentation animal</u> .....	32
3. <u>ENZYMES EXOGENES</u> .....	33
4. <u>ENZYMES ENDOGENES</u> .....	37
5. <u>EFFETS DES ENZYMES EXOGENES SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCES CHEZ LE POULET DE CHAIR :</u> .....	38
<u>Conclusion</u> .....	40

## INTRODUCTION

Le développement de l'aviculture en Algérie constitue le meilleur recours pour satisfaire les besoins de la population en protéines animales. En effet, cette spéculation a permis à peu près à deux millions de personnes à améliorer leurs rations alimentaires du point de vue protéique (*Alloui, 2011*). Le choix de l'aviculture n'est pas hasardeux, plusieurs atouts sont à l'origine de ce choix. En effet, un poids léger des poulets rendant les manipulations faciles, une production en viande importante, soit 374 kg le poids de la descendance d'une poule/an et un intervalle de génération courte, soit d'une année. A ce dernier on accorde un progrès génétique rapide qui a permis de diminuer la durée de l'élevage à 42j pour obtenir un poids standard du poulet soit de 2,2kg (*Itavi, 2018*).

Toute expression d'un potentiel génétique dépend de la génétique de l'animal et l'effet de l'environnement. En Algérie le matériel génétique est importé. Tous les efforts doivent être fournis afin de lui permettre d'être extériorisé et ce, dans les meilleures conditions du milieu.

Le premier facteur limitant du milieu est l'alimentation. En Algérie la formulation dépend du couple maïs /tourteaux de soja qui sont importés auxquels s'ajoute une matière première locale qui est l'orge. Toutes ces matières premières contiennent des facteurs antinutritionnels de différentes natures. Aujourd'hui, les animaux tirent au maximum profit de leur alimentation par la complémentation par les enzymes. L'usage des enzymes exogènes est devenu courant et cette technologie ne cesse de croître en masse et en valeur monétaire car elle ouvre beaucoup de perspectives en matière d'alimentation animale (*Ahmed-Gaid, 2017*).

Cette voie biotechnologique est le résultat d'un raisonnement scientifique dans le but de trouver une alternative aux antibiotiques facteurs de croissance. Plusieurs voies ont été tentées mais en vain, la seule qui aujourd'hui présente un avenir prometteur est celle de l'usage des enzymes.

Les enzymes sont des protéines qui agissent comme catalyseurs, ils améliorent la digestibilité des composants alimentaires et réduisent les fientes humides ainsi que les odeurs (*Douddah et Hider, 2016*).

Des études récentes ont montré que les enzymes ont des effets bénéfiques sur la viande des volailles et par conséquent sur la santé humaine. Ils agissent sur la croissance et le développement des animaux d'élevages, ils exercent des effets bénéfiques sur la flore et la santé de l'intestin, ainsi sur l'amélioration des performances zootechniques par un effet positif sur le gain de poids, l'amélioration de l'indice de consommation (*Maisonnier-Grenier et al., 2004*). L'intégration d'enzymes dans les rations pour poulets de chair a considérablement

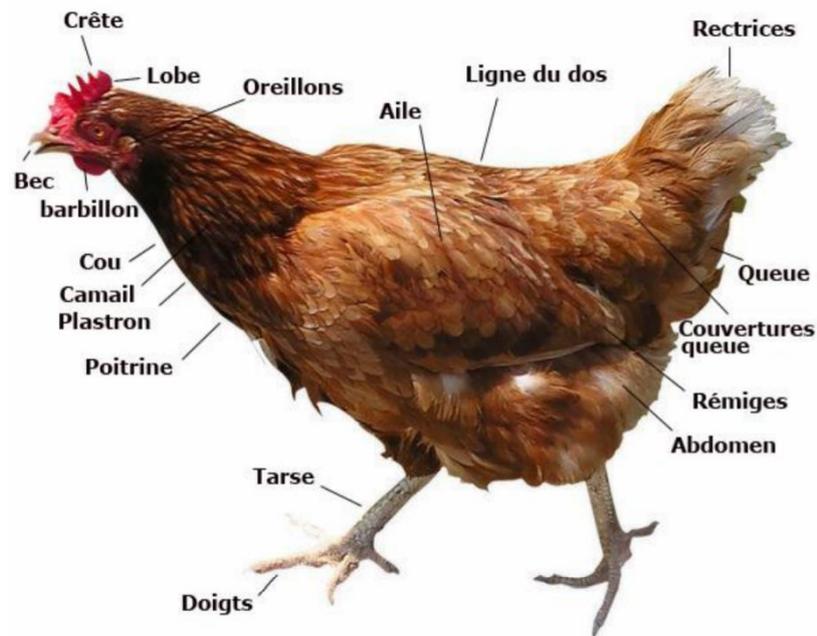
augmenté, principalement en raison de la hausse des prix des ingrédients pour l'alimentation animale et pour leur pouvoir à tirer profit au maximum des matières premières.

C'est dans ce contexte, qu'on se propose par le présent travail d'étudier l'efficacité nutritionnelle des enzymes chez le poulet de chair. Pour atteindre cet objectif nous avons jugé judicieux de connaître des notions en élevage, en performances et en alimentation du poulet de chair.

**CHAPITRE 1**  
**L'ELEVAGE DU POULET DE**  
**CHAIRE**

## 1. PRESENTATION DE L'ANIMAL

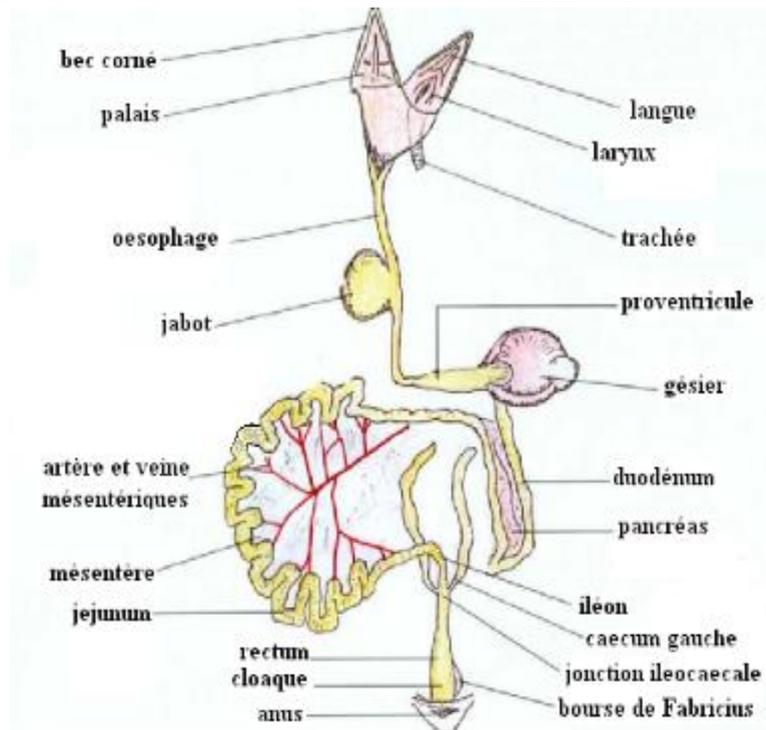
Le poulet domestique est adapté à la vie terrestre comme tous les gallinacés, il se caractérise (figure 1) par un corps trapu, un sternum très développé, des membres abdominaux solidement musclés et des ailes courtes et arrondies. La tête est ornementée par la crête, les barbillons, les oreillons et souvent par une huppe de plumes colorées. Le bec est court et épais, souvent un peu recourbé. Le corps est recouvert de plumes et les pattes d'écaillés ; celles-ci se terminent par quatre doigts dont trois sont en avant et un vers l'arrière. Au niveau du tarse se trouve l'éperon ou l'ergot qui est bien développé chez le coq adulte. Le dimorphisme sexuel est bien marqué, le coq généralement plus volumineux que la poule, se distingue par sa crête et ses barbillons plus développés et de couleur rouge.



**Figure 1** : Anatomie externe de la poule. (Poule et Cie., 2017)

## 2. ANATOMIE DU TUBE DIGESTIF

L'appareil digestif du poulet (figure 2) est constitué par le bec, le gésier, l'œsophage, le jabot, les estomacs sécrétoire et musculaire, l'intestin, débouchant dans le cloaque puis l'anus. Il comprend bien sur également toutes les glandes annexes : glandes salivaires, foie, pancréas. (Villate *et al.*, 2018.)

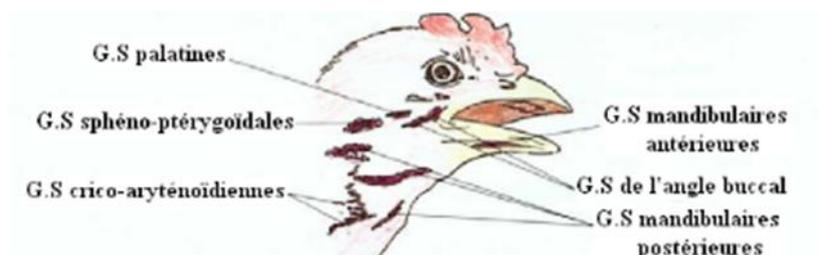


**Figure 2 :** Vue ventrale du tractus digestif du poulet après autopsie et étalement anatomique.

(Villate, 2001)

## 2.1 GLANDES SALIVAIRES

Les glandes salivaires des poulets (figure 3) sont plus nombreuses mais moins développées que celle des mammifères. Leur rôle consiste essentiellement à la lubrification des aliments avant leur ingestion et à l'humification du gésier. Elles participent ainsi à la régulation thermique. (Guérin, JL et al., 2018)



**Figure 3 :** Les glandes salivaires de la poule. (Villat, 2001)

## 2.2 LES GLANDES ANNEXES

### 2.2.1 Le pancréas

Le pancréas (figure 4) est une glande amphicrine (endocrine et exocrine) compacte, blanchâtre ou rougeâtre, enserrée dans l'anse duodénale, le suc pancréatique se déverse dans

le duodénum par deux ou trois canaux qui s'abouchent au même niveau que les canaux hépatiques (Alamargot, 1982).



**Figure 4** : Pancréas de la poule. (Guérin et Boissieu, 2011)

Le foie est un organe volumineux, constitué de deux lobes, déversent la bile, par deux conduits séparés. La glande biliaire rattachée au foie produit la bile qui est déversée dans l'estomac dont le rôle est d'émulsifier la matière grasse afin de faciliter sa dégradation par la lipase (Balloy *et al.*, 2018).

### 2.2.2 Jabot

Chez les gallinacés, c'est une poche palpable sous la peau à la base du cou. L'œsophage possède de nombreuses glandes muqueuses complémentaires de la lubrification par la salive. Les aliments peuvent aller directement dans le Proventricule ou être stockés dans le jabot ou le renflement œsophagien. Leur évacuation directe vers le gésier est fonction de l'état de réplétion du jabot et du Proventricule par la gouttière œsophagienne. La vacuité du gésier entraîne le passage de la masse alimentaire dans le Proventricule, la réplétion du gésier provoque le stockage ingluvial. Le jabot est au repos complet lors de la prise de nourriture. (Villate *et al.*, 2018)

## 2.3 ESTOMAC

Il est composé de deux parties distinctes :

- Une partie glandulaire (Proventricule et ventricule succenturié) : c'est l'estomac sécrétoire.
- Une partie musculaire (gésier) : c'est l'estomac broyeur. (Guérin *et al.*, 2018)

### 2.3.1 Proventricule

C'est l'estomac sécrétoire (enzymes et acide chlorhydrique). La pepsine sécrétée et excrétée par les glandes du Proventricule possède un équipement enzymatique complet : lipases, amylases, protéases. Elle est élaborée par les cellules pepsinogènes. La sécrétion d'acide

chlorhydrique se fait à partir des ions chlore du sang. Elle augmente considérablement au cours des repas. Le mucus sécrété par les cellules caliciformes inhibe l'autodigestion des parois par absorption de la pepsine. Cette capacité peut être exclue par un traumatisme quelconque. (*Balloy et al., 2018*)

### **2.3.2 Gésier**

C'est l'organe broyeur, qui écrase les aliments par un effet de meule permis par sa puissance musculaire. Les poules mangent des graines améliorent cet effet en ingérant tous les jours une quantité de petits cailloux : le gri, qui doit être composé de gravier fin à bords émoussés non traumatisants. (*Villate et al., 2018*)

## **2.4 INTESTIN ET COLON**

Le développement de l'intestin est en fonction du régime alimentaire il est long chez les granivores. L'intestin grêle des oiseaux est divisé en 3 parties anatomiques plus au moins distincte ; le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Ce dernier débouche dans le colon (ou gros intestin), qui s'achève par le cloaque. Deux appendices sont accolés à la jonction iléon-colo : ce sont les caecas. (*Guériet et al., 2018*)

### **2.4.1 Le duodénum**

Le duodénum est la portion de l'intestin qui fait suite à l'estomac. Il débute au pylore puis forme une grande anse qui entoure le pancréas. Cette anse est la partie la plus ventrale de l'intestin dans la cavité abdominale. Elle contourne caudalement le gésier et dorsalement elle est en rapport avec les caecums. Le duodénum reçoit deux ou trois canaux biliaires au niveau d'une même papille. L'emplacement de cette papille marque la fin du duodénum et le début de l'iléon. (*Alamargot, 1982 ; Villate et al., 2018*)

## **3. PARAMETRES D'ELEVAGE**

### **3.1 AMBIANCE DES BATIMENTS**

La qualité de l'ambiance d'un bâtiment avicole repose sur plusieurs variables, qui ont chacune un impact sur l'état de santé des animaux et sur leurs performances zootechniques. (*Balloy, D et al., 2018*)

#### **3.1.1 Température**

La température est fonction de l'espèce concernée et surtout de l'âge des oiseaux, les jeunes oiseaux sont les plus exigeants, car ils ont plus de difficultés à assurer leur thermorégulation. Le poussin de 1 jour a une plage de confort thermique très étroite, de 31 à 33°C. Cette zone de neutralité thermique est définie par la température critique inférieure (TCI) et supérieure (TFS)

en dessous ou en dessus de cette température les poules devront mettre en œuvre des mécanismes physiologiques pour maintenir leur température interne. Au fur et à mesure de leur croissance, les températures critiques vont baisser et la plage de neutralité thermique va s'élargir (*Guérin et al., 2018*). (Tableau 1).

**Tableau 1** : Evolution des normes de chauffage en production de poulet de chair, à l'aide de chauffage d'ambiance ou de chauffage localisé

Age (jours)	Chauffage en Ambiance : Température ambiante (°C)	Chauffage localisé (radiants)		Evolution du plumage
		Température sous radiants (°C)	Température de l'air de vie (°C)	
0-3	33-31	38	Plus de 28	Duvet
3-7	32-30	35	28	Duvet + ailes
7-14	30-28	32	28	Duvet +ailes
14-21	28-26	29	26	Ailes + dos
21-28	26-23	-	26-23	Ailes + dos + bréchet
28-35	23-20	-	23-20	-
Plus de 35	20-18	-	20-18	-

**Source** : *Valancony et Ploufraga (1995)*.

En toute circonstance, il faut toujours éviter les écarts de température de plus de 5°C sur 24h.

### 3.1.2 Humidité

L'humidité ambiante résulte essentiellement de la vapeur d'eau expirée par les animaux : elle dépend étroitement de la densité des animaux, de la ventilation et de la température ambiante. Les valeurs recommandées varient de 60 à 75 % selon le type de production. Une humidité excessive favorise la survie de certain agents pathogènes et la fermentation de la litière. Au contraire, une hygrométrie inférieure à 60% augmente la concentration de poussière en suspension. (*Balloy et al., 2018*)

### 3.1.3 Mouvement d'air

Le niveau de ventilation va dépendre de la température, mais aussi de l'humidité dans le bâtiment, de la vitesse du flux d'air autour des animaux et de la teneur en dioxyde de carbone. Si celle-ci est trop élevée les poussins seront léthargiques.

Le renouvellement d'air dans un bâtiment vise à éliminer les vapeurs d'eau et les gaz viciés. Le besoin de renouvellement d'air est fonction du « poids métabolique » des animaux. (Villate et al., 2018)

### 3.1.4 Litière

Faite de paille hachée ou de copeaux de bois non traité, la litière doit avoir 10 à 15 cm d'épaisseur, la litière joue un rôle d'isolant thermique, de la température effectivement ressentie par les animaux. Elle assure par ailleurs le confort des animaux, en évitant par exemple les lésions au bréchet lorsque les animaux se reposent au sol. L'impact de la qualité de la litière sur la santé est majeur : une litière dégradée génère des fermentations qui libèrent de l'ammoniac et peut également entraîner des lésions plantaires et des boiteries. (Guérin et al., 2018)

### 3.1.5 Gaz et poussière

L'ammoniac est un gaz irritant produit par la décomposition microbienne de l'acide urique dans les fientes des volailles. Il peut être retrouvé à de forte concentration dans les bâtiments avicoles notamment l'hiver à la suite d'une diminution d'une ventilation dans le but de conserver la chaleur. L'ammoniac peut être à la fois considéré comme un agent étiologique primaire ou comme un agent favorisant l'invasion de l'appareil respiratoire par différents pathogènes. (virus, mycoplasme, bactérie).

Les poussières proviennent du matériel d'élevage (paille coupée trop finement ou délitée), de l'aliment (granulés friable) ou des animaux (squames cutanées, fientes séchées, plumes ou duvet). Elles peuvent à la fois être vectrices de micro-organismes (*Escherichia coli*, salmonelles ou mycoplasmes ex...) mais aussi favoriser l'apparition de maladie respiratoire par leur action irritante. (Villate et al., 2018)

### 3.1.6 Contrôle de la lumière

La lumière intervient surtout dans le contrôle du comportement alimentaire :

La prise alimentaire se fait en effet pendant les phases d'éclairage (tableau 2). On peut ainsi rallonger la durée d'éclairage d'un bâtiment pour augmenter la prise alimentaire et rattraper un retard de croissance, ou obligé les animaux à consommer en dehors de la période de lumière naturelle pour limiter les risques de coup de chaleurs. (Balloy et al., 2018) (Tableau 2).

**Tableau 2** : Normes d'éclairage pour les poulets Age standard

Age standard	Durée	Intensité au sol
1 à 3 jours	24h/24	30 à 50 lux
Après 3 jours	6h d'obscurité au minimum/24, dont une plage d'au moins 4h consécutives	Diminution progressive pour atteindre 20 lux, maintenus ensuite, en cas de picage, cannibalisme, nervosisme, syndrome de mort brutale ou pic de mortalité précoce : possibilité de diminution sur justification

**Source** : Douddah et Hider (2016)

Chez le poulet de chair, le contrôle de l'éclairage fait l'objet de directive européenne qui exige une intensité lumineuse minimal de 20lux, sur au moins 80% de la surface du bâtiment à partir de 7 jours d'âge et jusqu'à 3 jours avant l'abattage. Une période d'obscurité de 6h au minimum, dont au moins 4 heures ininterrompues, devra être respectée.

Un excès de luminosité dans le bâtiment est un facteur de risque majeur de nervosisme et de picage. (Villate et al., 2018)

#### **4. NORMES DE L'ELEVAGE AVICOLE :**

##### **4.1 DENSITE**

Au-delà du nombre de sujet au m<sup>2</sup>, c'est le poids des animaux qu'il faut prendre en compte, car c'est lui qui déterminera la quantité de déjections sur la litière et le dégagement de la vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub>.

Les normes de densité d'élevage au m<sup>2</sup> sont précises, mais des travaux scientifiques récents ont montré la valeur relative de cette densité : la tenue de la litière et de la qualité de l'ambiance, c'est-à-dire l'adaptation des systèmes d'élevage, compte au moins autant que la densité proprement dite.

Cette densité en production de poulet de chair fait désormais l'objet d'une directive européenne, qui définit un maximum de 33 à 42 kg/m<sup>2</sup> en maîtrisant bien sur les normes de bien-être animal.

En terme de sujet, en Algérie on admet 12 sujets /m<sup>2</sup>. (Berrama, 2019)

##### **4.2 MATERIELS D'ELEVAGE**

Les animaux ont à leur disposition des mangeoires et des abreuvoirs dont les formes changent en fonction de l'âge des poulets (tableau 3). Le matériel doit être bien entretenu pour assurer la nourriture et l'abreuvement du troupeau avec un minimum de risque. Il faut tenir compte de

la distribution, de la taille, de l'emplacement, de l'hygiène, du type et l'entretien du système d'alimentation et d'abreuvement pour que tous les oiseaux accèdent facilement à l'aliment et à l'eau sans risque de blessure ou de stress. (Picoux, 2015)

**Tableau 3** : Matériel d'alimentation pour les poulets standard

Matériel	Age	Type	Nombre pour 1000 poulet
Mangeoires	1-14 jours	A la place ou en complément du matériel <adulte> : plateau de démarrage ou, les 2 premiers jours, alvéoles à œufs ou papier fort non lisse sur 60% de la surface	10
	Après 14 jours	Assiettes avec ou sans réserve Chaîne linéaire	14-15 30 m
Abreuvoirs	1-14 jours	A la place ou en complément du matériel <adulte> : abreuvoirs siphoniques manuels ou mini-abreuvoirs automatiques	10
	Après 14 jours	Abreuvoirs cylindriques automatiques	8
Pipettes	-	Débit de 40 à 90 m/minute	1 pipette pour 12 sujets

Source : Villate (2001)

## 5. BIOSECURITE ET ETAT DE SANTE

Les mesures de biosécurité doivent être appliquées par l'ensemble du personnel de la ferme et les visiteurs. Elles permettent ainsi d'empêcher l'introduction initial d'une maladie dans le troupeau et si elle est présente, limite son extension dans la ferme. Les mesures de biosécurité spécifique à l'entrée et au sein de la ferme varient en fonction des types de poulets, du risque de maladie dans la région et des exigences de l'entreprise ou de la ferme. La surveillance de l'état de santé du troupeau par l'observation physique, la collecte d'échantillons et le test de diagnostic est important pour quantifier l'état de santé ou de maladie et la prévention de son

extension sont essentielles pour assurer la bien-être de tous les oiseaux du troupeau.

*(Picoux, 2015)*

**CHAPITRE 2**  
**ALIMENTATION ET PERFORMANCES**  
**ZOOTECHNIQUES**

## 1. L'ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR

Les aliments pour les poulets de chair sont formulés pour apporter l'énergie et les nutriments essentiels à la santé et à une production efficace. Les composants nutritionnels de base nécessaires pour les animaux sont l'eau, les acides aminés, l'énergie, les vitamines et les minéraux. Ces composants doivent agir en collaboration pour assurer une croissance du squelette et une déposition des muscles corrects. (*Besse, 1969*)

### 1.1 NATURE DE L'ALIMENT ET COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

La qualité des ingrédients, la présentation de l'aliment qui varie en fonction des phases d'élevage (tableau 4) et l'hygiène vont directement affecter la contribution de ces nutriments de base. (*Guérin, 2018*)

**Tableau 4** : Présentation des aliments pour les poulets standard en fonction des phases

Alimentation	Présentation	Dénomination
1 à 7 jours	Miettes	Démarrage
7 à 28 jours	Miettes puis granulés de 2-3,5mm de diamètre	Croissance
28 jours à l'aliment retraits	Granulés de 3,5 mm de diamètre	Finition
En fonction du temps de retrait anticoccidien	Granulés de 3,5 mm de diamètre	Finition sans anticoccidien

Source : *Aviagen (2010)*

Si les ingrédients de base ou la fabrication sont compromis ou s'il existe un déséquilibre dans le profil nutritionnel de l'aliment, la performance peut être altérée. La décision pour le meilleur aliment devrait prendre en compte les facteurs suivants :

- ✓ La disponibilité et le coût des matières premières.
- ✓ Le poids vif demandé par le marché.
- ✓ La valeur du rendement de carcasse et de viande.
- ✓ Les niveaux de graisses demandés par les marchés spécifiques.
- ✓ La couleur de la peau.
- ✓ La texture et la couleur de la viande.
- ✓ Les possibilités de formuler l'aliment.

La présentation de l'aliment varie grandement : elle peut être présentée en farine, en miettes, en granulé ou en produit extrudé (tableau 5). Un aliment complet est généralement préférable car il y a à la fois des avantages nutritionnels et de gestion. Les aliments en granulé 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 termes de niveau de performance et de croissance par rapport à de l'aliment farine. (*Besse, 1969*)

**Tableau 5** : Besoins en nutriments du poulet de chair

Phase d'élevage	Forme d'aliment	Energie EM kcal /kg	Composition d'aliment		
			Protéines brutes (%)	Ca (%)	P (%)
Démarrage	Farine ou miette	2800-2900	22	1,10	0,45
Croissance	Granulé	2900-3000	20	0,90	0,38
Finition	Granulé	3000-3200	18	/	/

Source : *ITELV (2001)*

### 1.1.1. Alimentation en eau :

De l'eau propre doit être constamment à la disposition des oiseaux. Le mode de distribution envisagé est constitué d'abreuvoirs automatiques ou de dispositifs gouttes à gouttes. Ceux-ci doivent être à la hauteur correspondant à la taille des poulets, et suffisamment nombreux pour permettre l'accès à tous et aussi propre pour ne pas gêner la consommation. (*Surdeau et Henaff, 1979*) (Tableau 6).

**Tableau 6** : Consommation d'eau par jour pour 1000 sujets

Age en semaine	1	3	5	7	10
Eau par jour pour 1000 sujets (en litre)	20-30	50-70	80-100	120-150	130-180

Source : *Surdeau et Henaff (1979)*

### 1.1.2. Alimentation énergétique

L'énergie contenue dans l'alimentation (énergie brute) n'est pas utilisable en totalité par l'animal : une partie est en effet perdue dans les fèces et l'urine. L'énergie métabolisable (énergie brute moins énergie perdue) présente dans la ration doit permettre à l'animal de couvrir toutes ses dépenses d'entretien, de production, d'élimination de chaleur. Si l'énergie métabolisable (E.M) de la ration est insuffisante, l'animal doit puiser sur ses réserves, la production diminue et cesse même. (*Besse, 1969*)

### 1.1.3. Alimentation protéique

Les protéines constituent une partie notable de la viande de poulet. Les besoins en cet élément sont donc importants. (*Surdeau et Henaff, 1979*)

Le rôle principal de l'azote est la construction et l'entretien de la cellule vivante. D'un autre cote, les protéines peuvent, selon *Laouer (1987)* :

- ✓ Intervenir dans le métabolisme de l'eau.
- ✓ Rentrer dans la composition de nombreuses hormones, enzymes et anticorps.

A cet effet, *Besse (1969)* et *Gastanig (1979)* préconisent des taux compris entre 21 et 23% pour la phase de démarrage et de 16 à 20% pour la phase de finition.

### 1.1.4. Alimentation minérale

Ce sont des constituants essentiels du tissu osseux (calcium et phosphore) ou de l'équilibre osmotique de l'animal (sodium, chlore et potassium). Les oligo-éléments sont aussi présents dans l'organisme en faible quantité, ou à l'état de traces et ils sont indispensables (tableau 7), au déroulement de nombreuses réactions biochimiques du métabolisme (fer, cuivre, zinc, manganèse, sélénium, iode, fluor, cobalt, magnésium, potassium). Le pourcentage des éléments minéraux dans l'aliment est d'environ 4 à 5 % pour les poulets de chair. (*Besse, 1969*)

**Tableau 7** : Besoins moyens en oligo-éléments exprimés par kg d'aliment standard

Oligo-éléments	Poulette et poulet de chair (mg)
Zinc	50
Cuivre	6
Fer	50
Manganèse	70
Iode	1
Cobalt	0,5
Sélénium	0,2

Source : *Besse (1969)*

### 1.1.5. Alimentation vitaminique

Les vitamines (tableau 8) sont présentes dans l'organisme en faible quantité ou à l'état de traces et ils sont indispensables à la protection de l'organisme et à une bonne production. (Fedida, 1996)

**Tableau 8:** Besoins vitaminiques moyens exprimés par kg d'aliment standard

Vitamines	Poussins démarrage	Poulet de chair
Vitamine A UI	15000	10000
Vitamine D3 UI	1500	1000
Vitamine E UI= mg	30	25
Vitamine B1 mg	3	3
Vitamine B2 mg	8	6
Vitamine B6 mg	7	5
Vitamine B12 mg	0,030	0,020
Acide panto mg	20	12
Ni acine (Vit. PP) mg	50	40
Biotine (Vit.H) mg	0,180	0,160
AC. Folique mg	1,5	0,7
Vitamine C mg	60	60
Choline mg	1500	1300

Source : Fedida (1996)

Les vitamines sont très facilement destructibles, les facteurs qui interviennent le plus souvent sont : la lumière, la chaleur, le processus d'oxydation (Laouer, 1987), le pourcentage des vitamines dans le CMV est de 4 à 9% (Besse, 1969), et sont classées en vitamines liposolubles et hydrosolubles.

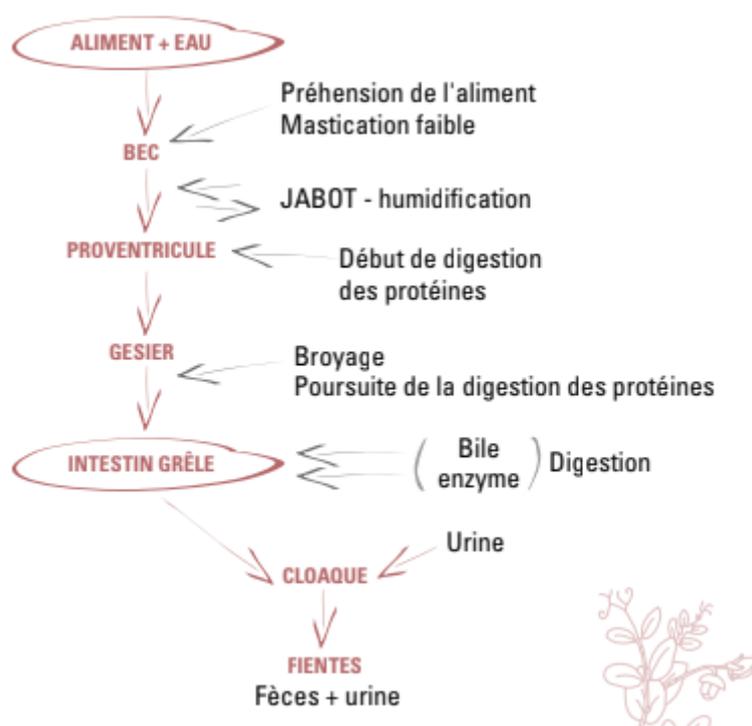
## 2. DIGESTION ET ABSORPTION DES ALIMENTS

### 2.1. DIGESTION DES ALIMENTS

La digestion consiste en une dégradation mécanique et/ou chimique de l'aliment dans le tube digestif en composés nutritifs solubles dans le sang et assimilables par les cellules. Les différents organes constituant l'appareil digestif ont des actions spécifiques et interviennent successivement dans le processus de digestion à mesure que l'aliment transite. L'aliment est ingéré par la bouche (bec, langue) sans subir de mastication. Le suc salivaire riche en mucus lubrifie le bol alimentaire facilitant ainsi son passage dans l'œsophage. Chez les oiseaux, le

jabot et permet la régulation du transit. Pro ventricule et gésier jouent respectivement les rôles complémentaires de l'estomac chimique et de l'estomac mécanique.

Les sécrétions acides du pro ventricule permettent notamment la solubilisation du carbonate de calcium qui intervient par exemple dans la formation de la coquille chez la poule pondeuse. Le chyme (aliment et sucs sous la forme d'une bouillie) est puissamment broyé dans le gésier dont les parois rugueuses sont entourées de muscles. Ce broyage est d'autant plus efficace que l'animal aura ingéré du grits (cailloux siliceux) résistant aux sécrétions du pro ventricule. La pepsine sécrétée dans le pro ventricule conduit à l'hydrolyse des protéines dans le gésier. La solubilisation des nutriments se poursuit le long de l'intestin grêle sous l'action des sucs pancréatiques et biliaires (sécrétés par le foie dans le duodénum). Le chyme est ensuite temporairement stocké dans les caeca, des poches allongées contenant des bactéries fermentaires permettant une dernière digestion et absorption des nutriments avant d'atteindre le colon. Les voies digestives et urinaires convergent au niveau du cloaque par lequel sont donc expulsés ensemble urines et excréments. L'eau et les électrolytes de l'urine peuvent être réabsorbés au niveau des caeca. L'urine alors concentrée en urates prend un aspect blanc et pâteux. (Figure 5) (Dusart. L, 2015)



**Figure 5** : Représentation schématique de la digestion chez le poulet.

(Surdeau et Hannaf, 1979.)

## 2.2. ABSORPTION DES PRODUITS DE LA DIGESTION

Un nutriment est une substance nutritive soluble provenant de la digestion des aliments, utilisable par les organes. Les nutriments (glucides, lipides, acides aminés), produits de la digestion et solubles dans la lumière intestinale, sont absorbés au niveau des entérocytes (cellules qui tapissent la paroi de l'intestin grêle). La surface d'absorption est augmentée de façon très importante par des structures repliées à différentes échelles, On appelle villosités intestinales les petits replis, en forme de doigts, de 0,5 mm de long qui tapissent la paroi interne de l'intestin grêle. Leur nombre considérable (plus de 10 millions) crée une grande surface de contact entre les aliments et la paroi intestinale, On parle de surface d'échange (figure 6).

Les nutriments passent successivement de la lumière de l'intestin, dans les entérocytes puis dans le sang. L'absorption met en jeu différents mécanismes d'échanges cellulaires. Lorsque les nutriments traversent la membrane depuis le compartiment où ils sont le plus concentrés (la lumière de l'intestin) vers le compartiment où ils sont le moins concentrés (le cytoplasme des entérocytes), il s'agit de diffusion passive. Les acides gras sont absorbés par diffusion passive. Le transport actif des nutriments contre leur gradient fait intervenir des protéines membranaires consommant de l'énergie. C'est le cas du transport d'ion sodium ( $\text{Na}^+$ ). La diffusion facilitée fait également intervenir des protéines membranaires qui constituent un passage préférentiel pour une diffusion plus rapide des nutriments sans consommation d'énergie. La diffusion du glucose est facilitée par différents transporteurs entre l'entérocyte et le sang. (*Dusart. L, 2015*)

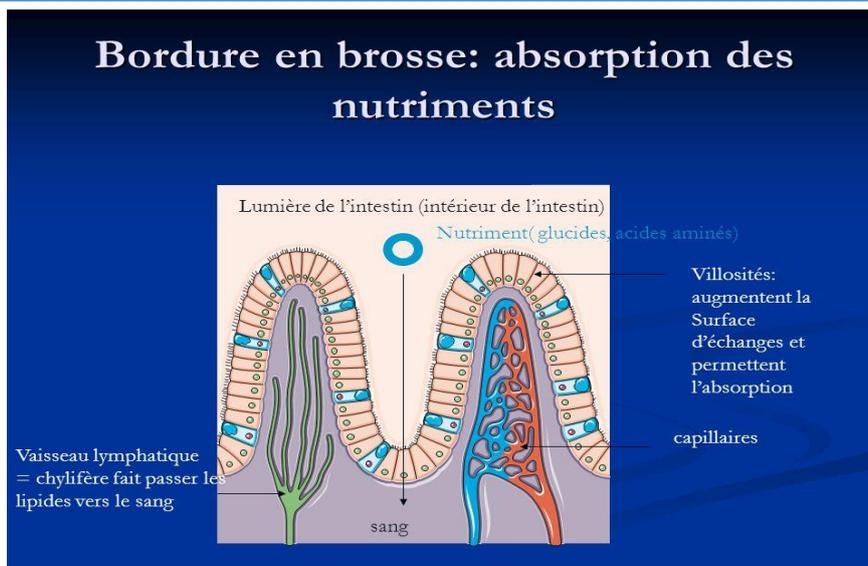


Figure 6 : Bordure en brosse de l'intestin (Avril blondel, 2014).

### 3. PERFORMANCES DES ANIMAUX : Paramètres mesurables :

#### 3.1. LE POIDS VIF :

Poids de l'animal à jeun, l'animal est pesé à la bascule ou son poids peut être évalué par barymétrie (*Mémento de l'Agronome, 2006*). Les poids moyens sont déterminés par le rapport suivant :

$$PM = \frac{\text{Poids global des sujets}}{\text{Le nombre de sujets pesés}}$$

#### 3.2. L'INDICE DE CONSOMMATION :

L'indice de consommation est le rapport entre une quantité d'aliments consommée mesurée (a des jours précis) et une quantité de production, il est déterminé selon la formule suivante (*Belhouss, 2019*) :

$$IC = \frac{\text{La quantité d'aliments consommée}}{\text{Gain de poids}}$$

L'indice de consommation est un paramètre qui renseigne sur la quantité d'aliment consommé afin de produire 1 kg de poids vif. Cet indice doit respecter certaines normes (*Driouche et Hamidi, 2017*) (Tableau 9).

Tableau 9 : Performances et consommation d'eau et d'aliment pour le poulet standard.

Age	Poids moyen (g)	IC	CIJ aliment (g)	CIJ eau (g)	Rapport eau/aliment
-----	-----------------	----	-----------------	-------------	---------------------

7	185	0,89	35	65	1,86
14	474	1,13	68	112	1,65
21	917	1,29	110	182	1,65
28	1480	1,43	152	252	1,66
35	2109	1,58	188	311	1,65
42	2755	1,73	215	357	1,66

Source : *Aviagen Ross PM3 (2018)*

### 3.3. LE TAUX DE MORTALITE :

En aviculture, un taux de mortalité élevé est l'indicateur d'une faible résistance des poulets par rapport à leur environnement ou du a une maladie (*Driouche et Hamidi, 2017*), elle est déterminée par la formule suivante (*Belhouss, 2019.*) :

$$TM\% = \frac{\text{Nombre des sujets morts}}{\text{Effectif de départ}} \times 100$$

### 3.4. GAIN MOYEN QUOTIDIEN :

Le GMQ d'un animal rapporté à 1 kg de poids vif permet de comparer les performances sujets de la même ou différentes souches, voire entre espèces (*Mémento de l'Agronome, 2006*).

Il est calculé par la formule suivante :

$$GMQ = \frac{\text{poids moyen final} - \text{poids initial}}{\text{Periode de phase}}$$

### 3.5. L'INGERE ALIMENTAIRE (LA CONSOMMATION D'ALIMENT) :

C'est la quantité d'aliment en kg ingéré par l'animal à des phases précises, elle nous permet de faire une comparaison entre les résultats attendus et les résultats obtenus.

Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{aliment consommé (Kg)} \equiv \text{aliments distribués} - \text{aliments refusés}$$

La consommation alimentaire individuelle en g/sujet/j a été obtenue en divisant la quantité totale d'aliment consommée par le nombre de sujets (*Villemin, 1984*).

$$CAI = \frac{\text{quantité d'aliment distribués} - \text{quantité d'aliment refusés}}{\text{gain de poids de la semaine}}$$

### 3.6. COEFFICIENT DE VARIATION (CV) :

Le coefficient de variation CV (Tableau 10) est utilisé de façon générale pour décrire la variabilité dans une population

- Un faible CV indique un lot homogène
- Un fort CV indique un lot hétérogène

**Tableau 10** : Evolution du coefficient de variation et de l'homogénéité

CV	Homogénéité	Evaluation
8	80%	Homogène
10	70%	Moyen
12	60%	Mauvaise homogénéité

Source : *coob-vantress, 2012*

La variation peut être exprimée en termes de :

- Poids moyen des animaux
- L'écart-type du poids
- Coefficient de variation

Le coefficient de variation est une mesure comparative de la variation qui permet de contrôler le changement en variation pendant la croissance du lot. L'écart-type est une mesure qui nous indique comment les valeurs sont dispersées autour de la valeur moyenne. Dans un lot normal, approximativement 95% des animaux devraient tomber dans une tranche de +/- deux écarts-type de part et d'autre du poids moyen. (*coob-vantress, 2012*)

### 3.7. L'HOMOGENEITE

En termes d'homogénéité, l'objectif est d'avoir 80% des poids compris entre plus ou moins 10% de la moyenne. Les éléments suivants jouent un rôle important dans l'obtention et le maintien d'une bonne homogénéité. (*Khider, 2019*)

- ✓ L'accès à l'eau et à l'aliment.
- ✓ L'état sanitaire du troupeau.
- ✓ Les problèmes sanitaires et de parasitisme.
- ✓ La qualité de l'épointage du bec.
- ✓ Température et ventilation

### 3.8. LE RENDEMENT DE LA CARCASSE (RC)

Exprimé en pourcentage (%), le rendement carcasse (RC) est calculé à partir des données relatives au poids vif à l'abattage et au poids carcasse, grâce à la formule ci-après (*Khider, 2019*) :

$$RC = \frac{\text{poid carcasse (g)}}{\text{poids vif}} \times 100$$

**CHAPITRE 3**  
**ADDITIFS ALIMENTAIRES EN ELEVAGE**  
**POULET DE CHAIR**

## 1. GENERALITE SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES

Les additifs utilisés en alimentation animale jouent un rôle non négligeable dans l'élevage moderne et constituent l'un des thèmes importants du cadre de l'union européenne dans ce domaine.

D'après *Couailler (2004)*, Ils sont considérés comme un des facteurs essentiels de l'efficacité de l'alimentation des animaux d'élevage, les additifs suscitent par ailleurs depuis quelques années, de nombreuses critiques, notamment de la part des consommateurs et de leurs associations. La plupart des additifs sont fabriqués par l'industrie chimique pour être introduits, le plus souvent, dans des mélanges intermédiaires (pré-mélanges, composés minéraux), entrant à leur tour dans la composition des aliments complets ou complémentaires. Les additifs peuvent avoir trois origines différentes :

- ✓ **Les additifs naturels** : il s'agit de produits issus du monde minéral, végétal ou animal.
- ✓ **Les additifs synthétiques** : ce sont des substances existant à l'état naturel qu'il est nécessaire, voir préférable de fabriquer pour des raisons de réduction des coûts liés aux traitements des substances naturelles. Les conditions de fabrication doivent être rigoureuses, car leur production exige parfois l'utilisation de solvants néfastes pour la santé qui ne sont pas entièrement éliminés.
- ✓ **Les additifs artificiels** : il s'agit d'additifs qui n'existent pas dans la nature et qui doivent être fabriqués. (*Immoume, 2015*)

## 2. DEFINITION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES :

Les additifs utilisés en alimentation animale peuvent être définis comme des substances chimiques pures d'origine naturelle ou synthétique, des préparations enzymatiques ou des micro-organismes qui sont ajoutés intentionnellement aux aliments en faible quantité pour modifier ou améliorer leurs propriétés technologiques, ou augmenter leur efficacité zootechnique (*Blain, 2002*). Les additifs pour l'alimentation des animaux sont ajoutés aux aliments pour animaux ou dans l'eau pour remplir notamment une ou plusieurs des fonctions suivantes. (*Aimene, 2015*)

- ✓ Répondre aux besoins nutritionnels des animaux
- ✓ Avoir un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux ou des produits d'origines animales
- ✓ Limiter les conséquences environnementales de la production animale.

Améliorer les performances zootechniques, le rendement ou le bien-être des animaux. La dose journalière admissible des additifs alimentaires.

- ***La dose journalière admissible***

C'est la quantité d'un additif alimentaire, exprimée sur la base du poids corporel, qui peut être ingérée chaque jour pendant toute une vie sans risque pour la santé du consommateur. (*Codex alimentarius, 2012*)

### **3. PRINCIPAUX ADDITIFS UTILISES EN ELEVAGE**

#### **3.1. LES ANTIBIOTIQUES**

Les antibiotiques biologiques sont produits par des micro-organismes (bactéries, champignon) et sont dirigé « contre la vie » des bactéries mais aussi des champignons ou des cellules. Selon qu'une substance est capable d'atteindre seulement un petit nombre ou bien de très nombreuses espèces bactériennes, on parlera donc d'un antibiotique à spectre étroit (exemple pénicilline G) ou bien à spectre large (exemple tétracycline). (*Ramdan, 2015*)

L'utilisation des antibiotiques comme additifs alimentaires sans prescription vétérinaire fut approuvée par l'administration de données alimentaires et de médicaments (United States Food and Administration) en 1951, alors qu'en Europe, il a fallu attendre les années 1950 et 1960. A partir de cette époque, l'utilisation de plusieurs antibiotiques comme promoteurs de croissance est devenue courante en production animale, en particulier dans les élevages intensifs. (*Jones et Ricket, 2003*)

#### ***Leur mode d'action***

Onze de ces antibiotiques, y compris la bacitracine, la chlortétracycline, érythromycine, lincomycine, la novobiocine, l'oxytétracycline et la pénicilline, sont utilisés pour la stimulation de la croissance, pour augmenter le gain de poids, améliorer le taux de conversion alimentaire, et diminuer la mortalité par la réduction de la charge microbienne dans le tractus intestinal, donc plus de nutriments disponibles pour l'hôte. *Stutz et al. (1984)* ont signalé une amélioration du gain de poids et une réduction de *Clostridium perfringens* dans l'iléon chez les poulets nourris de 4,4 ppm de lincomycine. (*Ahmed-Gaid, 2017*)

Cependant, le mode d'action des antibiotiques comme facteurs de croissance n'est pas encore précisément connu. Ils affecteraient selon *Samandio et Evaggelopoulou (2008)* l'activité métabolique de certains microorganismes intestinaux, ou entraîneraient un changement de l'équilibre du milieu intestinal.

En outre, l'ajout d'antibiotiques dans l'aliment entraîne une augmentation des niveaux d'acides aminés dans l'intestin et l'amélioration de l'équilibre azoté. D'autre part, les antibiotiques à faible dose peuvent inhiber la fermentation des glucides dans l'intestin, notamment la production d'acide lactique à partir du glucose (Nagaraja *et al.*, 1987), ce qui rend le glucose plus disponible pour l'animal.

Le principal mode d'action des antibiotiques est la régulation et le maintien de l'équilibre optimal de la microflore intestinale (entre les bactéries à gram négatif et à gram positif). Au cours d'un stress ou troubles digestifs, le nombre d'organismes pathogènes comme *Escherichia coli* ou autres organismes à gram négatif est augmenté, conduisant à un déséquilibre de la microflore. Les bactéries à gram négatif colonisent l'intestin, adhèrent l'épithélium intestinal et provoquent l'inflammation de la muqueuse intestinale réduisant ainsi l'absorption des nutriments et à leur tour, elle retarde la croissance et la productivité. Les AFCs ont également la capacité de modifier les procédés de la biosynthèse de la mucine et de modifier ses dynamiques qui influencent sur le fonctionnement de l'intestin et de la santé. L'utilisation d'un médicament anticoccidien avec antibiotique comme promoteur de croissance a augmenté la croissance et l'état immunitaire de poulet en environnement contaminé. (Lee *et al.*, 2012).

### 3.2. LES PROBIOTIQUES

Le mot "probiotique" est dérivé du mot grec "probios" signifiant "pour la vie." Ce terme a eu des significations différentes au fil des ans. Lilley *et Stillwell* (1965) ont défini pour la première fois le terme "probiotique" comme étant un facteur de croissance produit par des micro-organismes. Parker (1974) a employé le terme probiotique pour les micro-organismes et les substances qui contribuent à l'équilibre de la flore. Fuller (1989) a redéfini le probiotique comme « un supplément alimentaire microbien vivant, qui affecte de façon bénéfique l'hôte en améliorant l'équilibre de sa flore intestinale »

Les probiotiques sont des cultures vivantes d'organismes, lorsqu'ils sont distribués dans l'alimentation des animaux, ont la possibilité de moduler l'écosystème du tube digestif de l'animal hôte. Les probiotiques les plus couramment utilisés sont *Lactobacillus acidophilus*, *Entérocooccus faecium*, les espèces de *Bacillus*, *Bifidobacterium bifidum* et la levure *Saccharomyces cerevisiae*. (Jacela *et al.*, 2010).

***Leur mode d'action :***

- ✓ Les probiotiques distribués dans l'alimentation des animaux augmentent la production d'acides organiques dans le tube digestif
- ✓ L'augmentation de la production des acides organiques modifie la perméabilité de l'intestin et permet ainsi d'augmenter l'absorption de certains nutriments
- ✓ Améliore les performances de croissance
- ✓ la multiplication des bactéries probiotiques et l'augmentation de la production d'acides organiques entraînent la diminution de certaines bactéries pathogènes. (*Cloutier et Klopfenstein, 2015*)
- ✓ La qualité de la litière
- ✓ sécrétion de peroxyde d'hydrogène qui inhibe la croissance de bactérie productrices et des bactéries environnantes. (*Mefiti, 2019*)

Par ailleurs, il existe deux grandes catégories de probiotiques :

- Celles ayant une action efficace au niveau du jabot et la partie antérieure de l'intestin grêle.
- Celles qui ont une action dirigée au niveau du caecum

La voie d'administration la plus sûre est l'incorporation dans l'aliment solide ou l'aspersion du poussin d'un jour dans le couvoir.

### 3.3. LES PREBIOTIQUES

Les prébiotiques sont définis comme des suppléments alimentaires indigestibles, capables de stimuler la croissance et/ou l'activité d'un nombre limité de bactéries au niveau colique, Ils modifient l'équilibre microbien intestinal (le microbiote) de l'hôte, contribuant ainsi à la santé de l'hôte.

Ce sont des sucres comme la cellulose, le lactose, des galacto-oligosaccharides et les polysaccharides. Ils servent de substrat à la prolifération des bactéries utiles au détriment des mauvaises bactéries.

#### *Le mode d'action*

- ✓ Les prébiotique ne sont pas hydrolysés par les enzymes de l'hôte, ni absorbés directement au niveau intestinal, ils fermentent par les micro-organismes du tube digestif.
- ✓ La consommation des prébiotiques, favorisent la croissance des bactéries, permet de modifier la composition de la flore intestinale et d'améliorer la tolérance du système immunitaire vis-à-vis d'allergènes.

- ✓ Les prébiotiques constituent l'énergie utilisée des probiotiques. Ils stimulent la croissance et la multiplication des probiotiques, et sont à la base de la prolifération de ces derniers.
- ✓ Les prébiotiques aident les probiotiques à coloniser les intestins, à garder l'animal en bonne santé et à prévenir les infections.  
Augmentent la production d'acides gras volatiles et d'acides organiques (lactique) et permettent de réduire la concentration d'ammoniac dans l'intestin. (*Mefi, 2019*)

### 3.4. LES ENZYMES

Depuis plus de 20 ans, les enzymes exogènes sont couramment utilisées en alimentation animale et cette technologie ne cesse de croître car elle ouvre beaucoup de perspectives en matière d'alimentation animale. Les enzymes sont des protéines catalytiques, capables d'accélérer des réactions chimiques. Elles peuvent couper les liaisons chimiques des substrats et ainsi libérer différents produits. Elles sont obtenues à partir de bactéries, de champignons et de levures. (*Ahmed-Gaid, 2017*)

Les enzymes hydrolysant les polysaccharides non amylacés (PNA), principaux composants de la fibre, sont nombreuses, chacune d'entre elles hydrolysant un type de PNA particulier. On retrouve dans cette catégorie de produits les enzymes suivantes : xylanase, glucanase, pectinase, mannanase...

#### *Leur mode d'action*

- ✓ Ces enzymes hydrolysent les PNA, composants des parois cellulaires de l'endosperme des céréales.
- ✓ libérant ainsi l'amidon et la protéine qui y sont encapsulés.
- ✓ Améliore la digestibilité de l'énergie et de la protéine.
- ✓ La supplémentation des aliments à base de blé avec de la xylanase réduirait les populations de *Clostridium perfringens* chez le poulet de chair
- ✓ Les enzymes permettraient également de limiter les effets négatifs de certains facteurs antinutritionnels et de réduire les diarrhées. (*Seal et al, 2013*)

**CHAPITRE 4**

**LES ENZYMES LEUR USAGES DANS**

**L'ALIMENTATION AVICOLE**

## **1. LES ENZYMES DIGESTIVES :**

### **1.1 DEFINITION ET FONCTION D'UNE ENZYME**

Une enzyme est une protéine capable d'induire ou d'accélérer une réaction chimique sans être elle-même modifiée. On dit qu'elle catalyse une réaction chimique, elle peut être le catalyseur d'une réaction anabolique, au cours de laquelle une substance est construite, d'une réaction catabolique lorsque le substrat est détruit, ou d'une réaction métabolique au cours de laquelle le substrat est modifié. (*Rumi, 2018*)

### **1.2 ACTION D'UNE ENZYME DIGESTIVE**

Une enzyme digestive catalyse une réaction catabolique de digestion. Cette enzyme digestive est capable de décomposer un substrat spécifique en deux ou plusieurs produits qui le composent, de façon générale, la digestion est la lyse des macromolécules en petites molécules. (*Rumi, 2018*)

### **1.3 LES DIFFERENTES ENZYMES DIGESTIVES ET LEUR ACTION**

#### **1.3.1 Enzyme des glandes salivaires**

Les trois paires de glandes salivaires (glandes parotides, sous-maxillaires et sublinguales) sécrètent quotidiennement l'amylase salivaire capable de digérer l'amidon dextrines et en maltose. (*Rumi, 2018*)

#### **1.3.2 Enzyme de l'estomac :**

Les cellules du fond des puits de l'estomac sécrètent quotidiennement une enzyme inactive, le pepsinogène, transformée par l'acide chlorhydrique, (= chlorure d'hydrogène) sécrété par les cellules pariétales des puits de l'estomac, en pepsine, enzyme active capable de décomposer les protéines en peptides. Les cellules des bords des puits gastriques synthétisent un mucus qui protège la muqueuse gastrique contre sa propre digestion. (*Rumi, 2018*)

#### **1.3.3 Enzymes du pancréas**

Le pancréas est la plus importante glande digestive car il sécrète quotidiennement le suc pancréatique légèrement alcalin, neutralisant dans le duodénum l'acidité de l'estomac, et comprenant plusieurs enzymes capables de digérer glucides, protéides et lipides. Il produit une amylase pancréatique, une lipase pancréatique décompose les triglycérides en acides gras et glycérol ou en acides gras et monoglycérides, les protéases pancréatiques sont, comme la pepsine gastrique, synthétisées sous une forme inactive: la trypsine, activée dans l'intestin grêle à partir de trypsinogène, et la chymotrypsine, activée dans l'intestin grêle à partir

de chymotrypsinogène, qui digèrent les protéines en peptides; la carboxypeptidase, activée dans l'intestin grêle à partir de procarboxypeptidase. (Rumi., 2018)

### 1.3.4 Enzymes produites par l'intestin grêle :

C'est également dans l'intestin grêle qu'agissent les enzymes (Tableau 11) produites par la paroi de l'intestin : maltase, invertase et lactase digèrent trois osides doubles en leurs sucres simples respectifs. L'aminopeptidase agit comme la carboxypeptidase mais en attaquant les protéines par l'une ou l'autre extrémité. (Rumi, 2018)

**Tableau 11** : Les différentes enzymes digestives

Enzyme	Origine	Substrat	Produit
Amylase salivaire	Glandes salivaires	Amidon	Maltose
Pepsine	Estomac	Protéines	Peptides
Amylase pancréatique	Pancréas	Amidon	Maltose
Trypsine	Pancréas	Protéines	Peptides
Chymotrypsine	Pancréas	Protéines	Peptides
Carboxypeptidase	Pancréas	Protéine du côté acide	Acide aminé
Lipase pancréatique	Pancréas	Triglycéride	Acide gras et glycérol
Maltase	Intestin grêle	Maltose	Glucose
Invertase	Intestin grêle	Saccharose	Glucose et fructose
Lactase	Intestin grêle	Lactose	Glucose et galactose
Aminopeptidase	Intestin grêle	Protéine du côté aminé	Acide aminé
Dipeptidase	Intestin grêle	Dipeptide	Acide aminé

Source : Rumi (2018).

## ■ USAGE DES ENZYMES DANS L'ALIMENTATION ANIMAL

Quatre raisons essentielles justifient les usages des enzymes exogènes en alimentation animale :

- ✓ Pour inhiber l'action des facteurs antinutritionnels contenu dans les aliments (spécificité pour chaque matière première) et qui ont des effets délétères sur le processus de la digestion et la santé de l'animal.

- ✓ Pour augmenter l'accessibilité des nutriments contenus dans les aliments par les enzymes endogènes de l'animal.
- ✓ Pour pallier l'absence chez l'animal d'enzyme capable d'hydrolyser des liaisons chimiques particulières.
- ✓ Pour pallier le manque d'enzyme au niveau d'un tube digestif immature (i.e. jeunes animaux). Le plus souvent, les préparations enzymatiques employées en alimentation animale cumulent plus d'une raison. (Belaid, 2015)

## ENZYMES EXOGENES

### 3.1 PHYTASE

Les phytases (figure7) sont utilisées par l'industrie de l'alimentation animale depuis près de vingt ans. Au cours de cette période, le nombre de produit a augmenté et leur mode d'utilisation a changé. Néanmoins l'utilisation de phytase et l'importance du phytate dans l'alimentation des volailles présentent encore des zones d'ombre, la phytase peut être utilisée efficacement pour augmenter la concentration du phosphore digestible dans les rations pour animaux monogastriques. Au départ, les phytases étaient présentées comme un moyen d'améliorer la biodisponibilité du phosphore dans les matières premières contenant des phytates (figure7). On a compris au fur et à mesure de leur utilisation que la digestibilité des minéraux (notamment du calcium et du sodium), des glucides et des acides aminés était aussi influencée de façon variable par l'action des phytases. Les mécanismes mis en jeu ne sont pas encore totalement clairs, mais des découvertes récentes suggèrent que les phytates sont des facteurs antinutritionnels, et qu'en plus de leurs effets sur le phosphore digestible, ils influencent également les processus d'absorption des nutriments dans l'intestin.

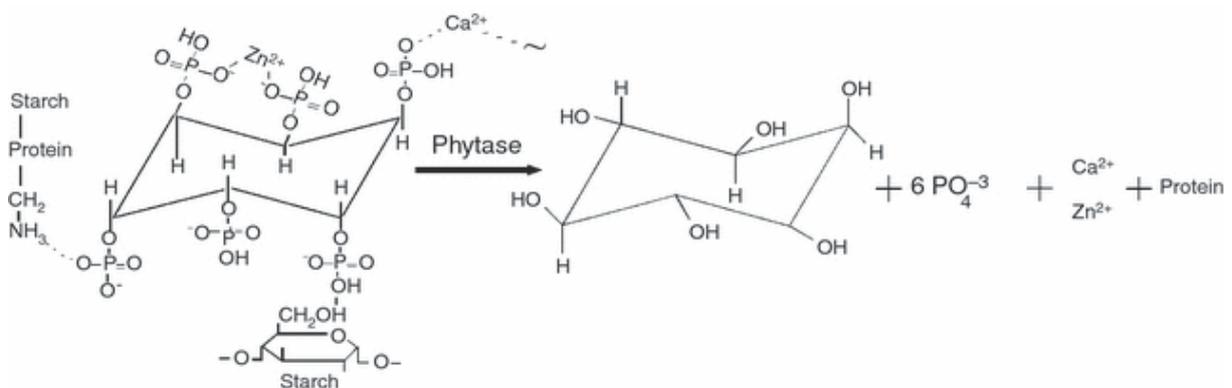
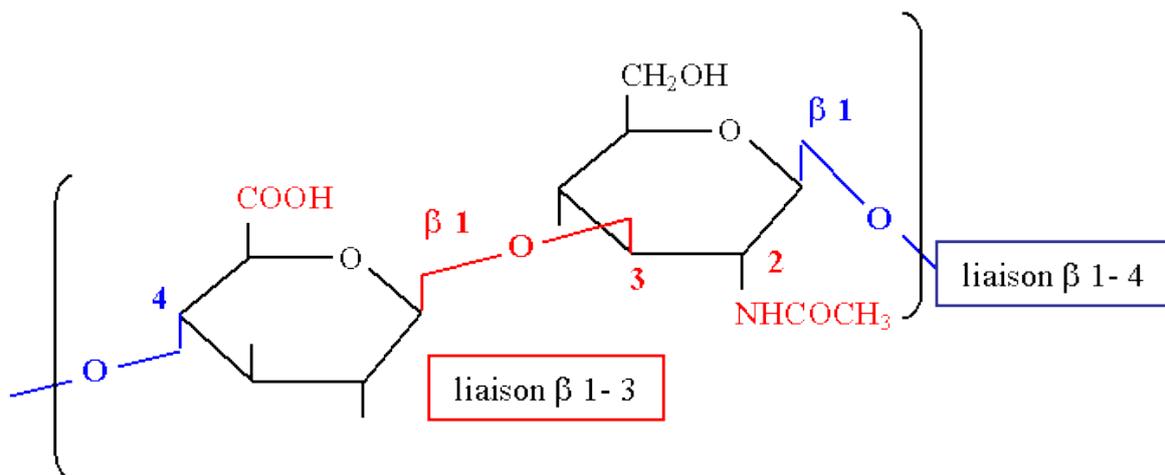


Figure 7 : Hydrolyse de la phytate par la phytase (Borey, 2017).

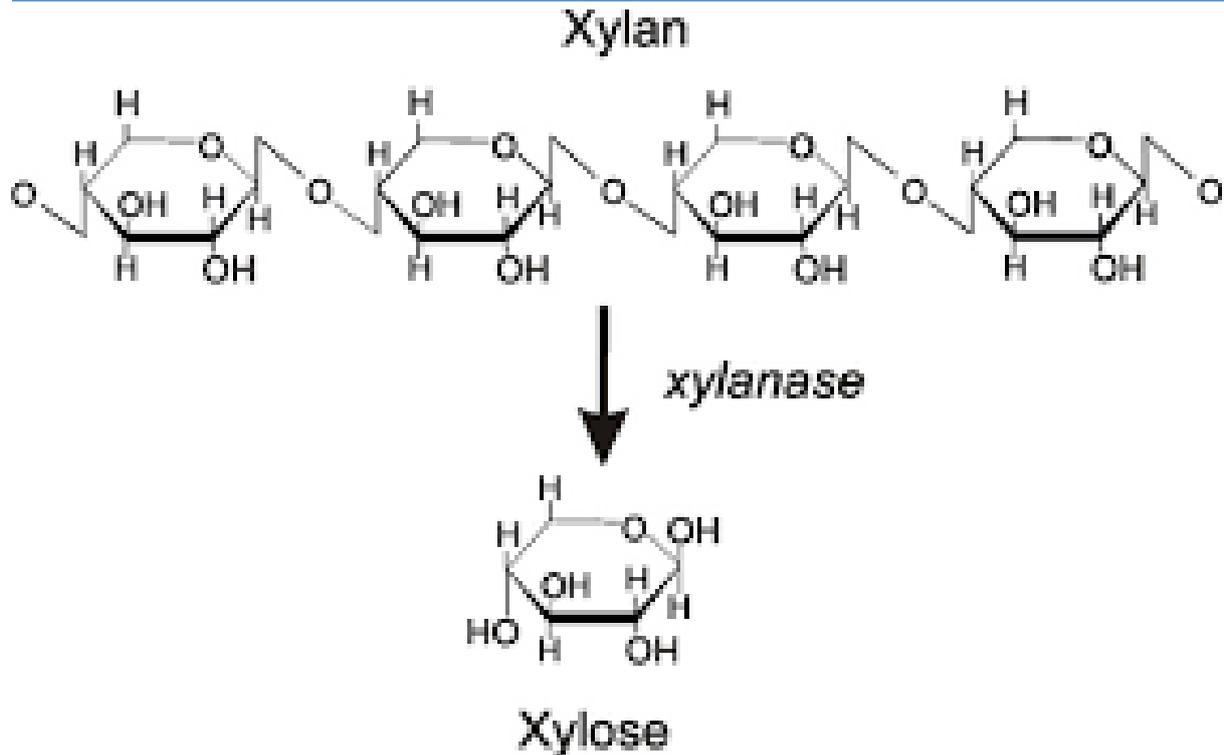
La plupart des phytases utilisées dans le commerce ne possédaient pas une stabilité suffisante pour résister à la chaleur et aux conditions difficiles rencontrées lorsque l'aliment est thermisé et/ou granulé. Deux approches ont été utilisées pour contourner ce problème : soit une modification génétique, soit un enrobage de l'enzyme. L'autre alternative est la pulvérisation de l'enzyme sur l'aliment après la thermisation et/ou la granulation. A ce jour, l'efficacité de ces solutions reste limitée : les produits génétiquement modifiés sont suffisamment stables pour la plupart des températures de vapeur, mais pas pour toutes ; il est possible que l'utilisation de produits enrobés délaie la libération de la phytase ; enfin, il est difficile de garantir la précision de la pulvérisation d'enzyme après traitement thermique. (Hubbard, 2011)

### 3.2 BETA-GLUCANASES, XYLANASES

Enzymes, dont la structure est illustrée par les figures 8 et 9, dégradant les polymères des parois végétales, tous les grains en particulier le blé et l'orge, renferment une forte proportion (5,7 à 8,9) de pentosanes ramifiés de type arabinoxylanes. Ces hémicelluloses limitent la digestibilité des céréales précitées chez les volailles. De plus, leur aptitude à retenir de l'eau et former des gels, provoque chez les volailles la formation des fientes collantes, et augmente la teneur en eau des litières, aussi avec une augmentation de la production d'œufs sales, chez le poulet de chair provoque l'augmentation des affections des pattes ou des lésions du bréchet ce qui diminue la qualité des carcasses.



**Figure 8 :** la forme biochimique de la Bêta-glucanases (Aquaportail, 2020).



**Figure 9:** hydrolyse de Xylane par le xylanase en xylose (*Biotek, 2012*).

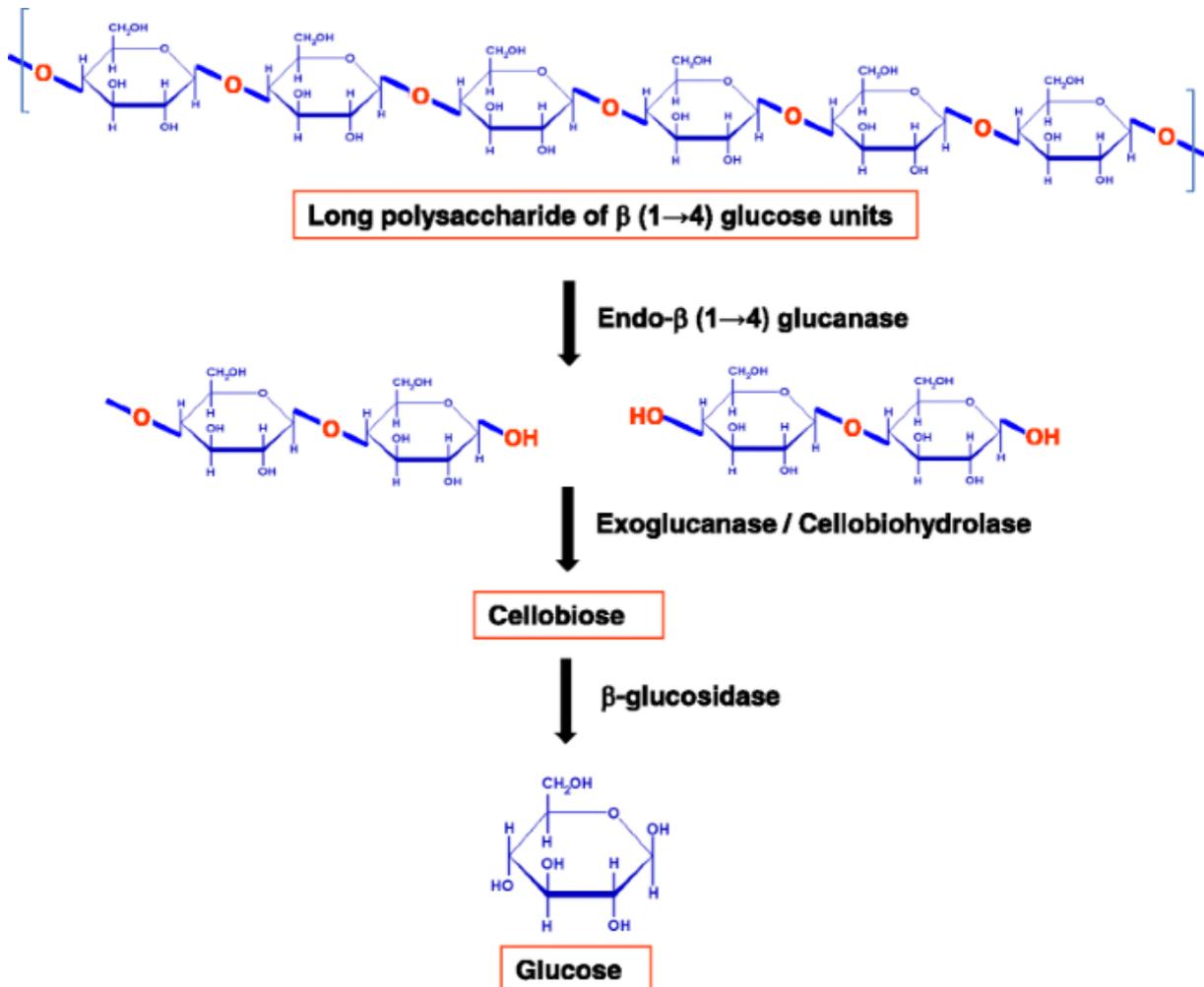
L'utilisation conjointe dans la même préparation de Beta-glucanases et du xylanases d'origine fongique, permet d'améliorer de 2 à 4 % la digestibilité de l'énergie métabolisable des régimes à base d'orge et de blé et de neutraliser les inconvénients hygiéniques qu'ils présentent par rapport à leurs effets sur les fientes chez les volailles. Ces enzymes permettent donc de valoriser l'orge et le blé au même titre que le maïs qui ne présente pas ces inconvénients. (*Doudah et Hider, 2016*)

### 3.3 CELLULASE

Des cellulases (endo 1-4 Beta-glucanases) sont produites également à partir de *Trichoderma longibrachiatum*, elles permettent d'augmenter la digestibilité des céréales et des tourteaux riches en glucides pariétaux et ont un effet complémentaire des enzymes précédents, aussi de convertir la cellulose en glucide et d'autre saccharides. Les xylanases et cellulases résistent bien aux enzymes protéolytiques dans l'intestin grêle. (*Chafai, 2006*)

Trois classes d'enzymes interviennent dans l'hydrolyse complète de la cellulose. Les endo- $\beta$ -(1,4)-glucanases hydrolysent la cellulose dans des zones amorphes et libèrent des glucooligosaccharides dont du cellobiose. Les exo- $\beta$ -(1,4)-glucanases vont hydrolyser les zones cristallines. Enfin, les  $\beta$ -glucosidases clivent le cellobiose produit par les glucanases en unités simples de glucose (Figure10). Ces types d'enzymes hydrolysent la cellulose de manière synergique en créant de nouveaux sites accessibles aux autres enzymes et en évitant

l'accumulation des inhibiteurs, Au cours de la dégradation de la cellulase, des molécules de glucose peuvent restées liées. (Beldman et al. 1988 ; Johnson et al., 1982 ; Woodward et al., 1988)



**Figure 10** : l'hydrolyse complète de la cellulose (*FEMS Microbiology Letters, 1995*).

### 3.4 PROTEASE

La protéase est une enzyme qui hydrolyse les protéines en scindant les liens peptidiques reliant les acides aminés entre eux. Le mode d'action des protéases, consiste en la libération d'acides aminés et de chaînes courtes d'acides aminés (peptides) de certaines protéines améliore la digestibilité globale de la protéine alimentaire. (*CDPQ.2015*)

La majorité des études relatives aux effets nutritionnels des protéases, amylases et lipases exogènes portent sur l'emploi de mélanges de plusieurs enzymes (le plus souvent une xylanase, une amylase et une protéase). Un plus petit nombre de travaux porte sur l'emploi isolé d'une de ces enzymes. Dans le cadre de l'emploi des protéases exogènes, les aliments ciblés sont classiquement les protéagineux, les oléo protéagineux et les coproduits de céréales

riches en protéines. Il a été montré que certaines protéases fongiques et bactériennes pouvaient inactiver *in vitro* les facteurs antinutritionnels (les inhibiteurs de trypsine et la leptine) des fèves crues de soja. De même, des protéases peuvent réduire les effets immunologiques de certaines protéines. (CDPQ, 2015)

## ■ ENZYMES ENDOGENES

### 4.1 AMYLASE

$\alpha$ -amylase salivaire (glande salivaire) agira sur le bol alimentaire (pH= 7), par dégradation de l'amidon en donnant du maltose et dextrine. Alors  $\alpha$ -amylase pancréatique (pancréas), elle transforme les polysaccharides en oligosaccharides (3 à 10 monosaccharides), l'amidon donnera du maltose. (Mefti, 2017)

### 4.2 LES CARBOHYDRASES

De nombreux travaux ont montré l'intérêt nutritionnel de la supplémentation enzymatique des régimes des porcs et des volailles.

A côté de ceux se focalisant sur une seule activité enzymatique, d'autres travaux s'intéressent à la combinaison de plusieurs activités enzymatiques. Le plus souvent les combinaisons portent sur une phytase associée à une enzyme ayant une action sur les hydrates de carbone non amylacés, voire une protéase et une amylase. De ces travaux, il ressort que les combinaisons de deux et plusieurs activités enzymatiques peuvent donner des effets synergiques. Un cocktail contenant une xylanase, une amylase et une protéase pourrait agir favorablement via une amélioration de la solubilisation des protéines et de l'amidon dans le chyme gastrique, ce qui réduirait la sécrétion de pepsine et d'HCl et entraînerait une diminution de la sécrétion intestinale de mucine et donc une diminution des pertes endogènes et une amélioration des digestibilités apparentes de certains acides aminés. De même, l'emploi d'un cocktail contenant une xylanase, une amylase et une protéase permet de limiter l'activité de la microflore intestinale et de réduire les pertes endogènes d'azote. (Belaid, 2015)

### 4.3 STRUCTURE DE L'AMYLASE :

Les amylases d'origine animale sont généralement extraites à partir de la salive et du pancréas des mammifères. (French, 1975)

Les  $\alpha$ -amylase animales sont des endoglycosidases incapables d'hydrolyser la liaison  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) de l'amylopectine ou du glycosyl oligosaccharides, hydrolys de l'amylose et de l'amylopectine par les  $\alpha$ -amylases (figure11) animales donne respectivement du maltose et du

D-glucose pour l'amylose et du glucose, maltose et des dextrans limitent pour l'amylopectine. Lorsqu'un obstacle à l'écoulement des canaux empêche le passage de l'amylase dans le tube digestif, elle se répand dans le plasma sanguin et passe même dans les urines sans perdre son activité enzymatique. (Nouadri, 2011)

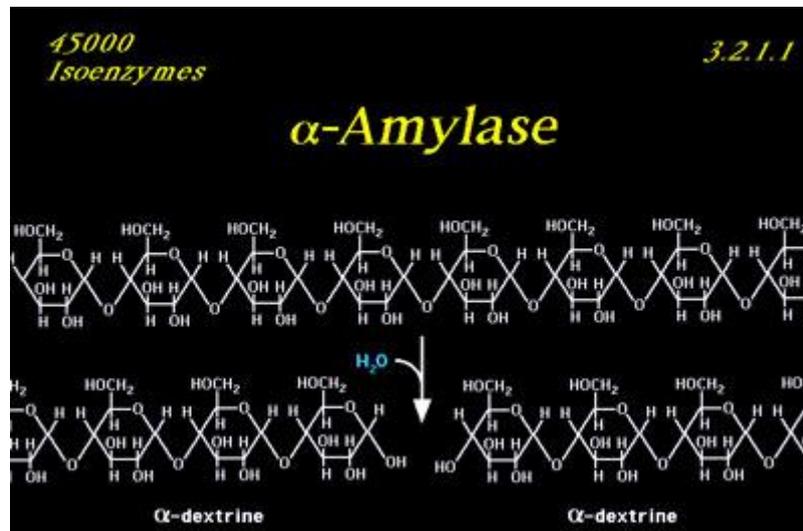


Figure 11 : structure de L'  $\alpha$ -amylase. (Raisonnier, 2004)

## EFFETS DES ENZYMES EXOGENES SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCES CHEZ LE POULET DE CHAIR :

L'addition d'enzyme au blé, orge et des régimes de seigle ont montré une amélioration significative de la croissance et de la conversion alimentaire des poulets de chair. Bien que le maïs soit considéré comme fortement digestible, il contient également des facteurs antinutritionnels tels que les inhibiteurs d'enzymes. (Cowieson *et al.*, 2005)

La digestibilité du phosphore du maïs chez la volaille n'est que de 18 %. Le maïs contient énormément de phytates. L'ajout de phytase améliorerait l'absorption du phosphore ainsi que celle des acides aminés (Fadji, 2014 ; Mefti Korteby, 2019) Cette observation a été démontrée par des améliorations significatives de la croissance et de la conversion alimentaire quand les poulets de chair ont été alimentés avec des régimes à base de maïs, complété avec des enzymes. (Garcia *et al.*, 2003 ; Khan *et al.*, 2006 ; Abudabos *et al.*, 2010)

### 5.1 EFFET DES ENZYMES EXOGENES SUR LA DIGESTIBILITE NUTRITIVE

L'addition des enzymes aux régimes alimentaires des volailles a été également montrée l'augmentation de la digestibilité des aliments. *Marquardt et al. (1994)* ont observé des augmentations significatives de la digestibilité des matières sèches chez le poulet de chair, nourri par l'orge et le seigle suit à un régime complété avec des enzymes par rapport au même régime mais sans enzymes.

D'autre étude, *Almirall et al. (1995)*, ont prouvé que l'addition d'enzymes a augmenté les matières sèches au niveau des intestins grêles des poulets de chair, une fois alimenté avec un régime à base d'orge. La supplémentation d'enzymes a également augmenté la digestibilité de matière sèche quand les poulets de chair ont été alimentés par un régime de base de maïs.

Plusieurs autres études ont également montré des augmentations de la digestibilité de l'énergie métabolisable, quand on rajoute des enzymes aux régimes formulés avec différentes céréales de grains. La digestibilité apparente de protéine brute améliore avec la supplémentation d'enzymes aux régimes à base de blé. (*Wangs et al., 2005*)

Les améliorations de la digestibilité d'acide aminé dû aux enzymes diététiques ont également été démontrées. *Mathouthi et al. (2002)*, *Almirall et al. (1995)*, *Khan et al. (2006)* ont montré que la supplémentation d'enzymes aux régimes d'orge, seigle et de maïs a augmenté la digestibilité des protéines brutes et les graisses chez les poulets à rôtir.

## Conclusion

Le développement de l'aviculture constitue le meilleur recours pour satisfaire les besoins de la population en protéines animales. En effet, près de deux millions de personnes ont amélioré leurs rations alimentaires du point de vue protéique.

L'élevage avicole nécessite une bonne maîtrise des facteurs de production (poussins, aliments, produits vétérinaires) et un capital financier assez important, avec une main d'œuvre spécialisée pour la maîtrise des techniques d'élevage.

Par ailleurs, les additifs alimentaires, sont des substances ayant un effet favorable sur les aliments auxquels ils sont incorporés ainsi que sur les productions animales ; et capables d'améliorer l'efficacité des rations, d'abaisser les coûts de production et d'influencer les caractéristiques des produits animaux, et de maintenir une bonne santé de l'animal. Cependant il n'en reste pas moins des substances ajoutées à la ration des animaux ce qui a créé un débat entre les chercheurs pour ce qui est de la santé humaine, animale et bien sûr environnemental.

Les enzymes sont des additifs alimentaires qui réussissent à augmenter les différentes performances zootechniques, l'amélioration de la valeur énergétique, de la digestibilité des protéines et la disponibilité des lipides, Ils sont des protéines capables de catalyser des réactions chimiques.

Les enzymes sont aujourd'hui des outils importants pour fabriquer, stabiliser ou générer les propriétés des aliments ce sont des produits intermédiaires devenues indispensables dans la filière avicole. Pour toutes ces raisons, il est indéniable que l'usage des enzymes exogènes sur la volaille ne cessera de s'amplifier dans le futur. Cependant, cet usage devra probablement être davantage piloté par un retour maximum sur investissement que par un coût minimum à la tonne d'aliment.

Pour ces raisons, l'usage des enzymes doit être réfléchi comme alternative à l'utilisation des antibiotiques facteurs de croissance dans la production avicole pour diminuer les résidus de produit chimique dans la viande et par conséquent, le maintien de la santé du consommateur.

## Références Bibliographiques

- Abudabos A., 2010. Enzymes supplementation of corn-soybean meal diets improves performance in broiler chicken int. J. Poult. Sci.9 :P292-297
- Ahmed-Gaid Z., 2017. Utilisation de l'argile dans l'alimentation des volailles. Magistère : Production animal. Université Batna1, 171p.
- Aimene H., 2015. Caractéristiques des additifs alimentaires utilisés en alimentation animal en Algérie (région de l'est). Mémoire master 2 : Nutrition animal et produit animaux. Université Mouloud Mammerie.45p.
- Alamargot., 1982. Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaires. Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaires, pages 15-32.
- Alloui N., 2011 : Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie. 9èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 29 et 30 Mars 2011.
- Almirall M., Francesca M., Pérez-vendrell A.m., B Rufaa J. Eet estève-Garcia E., 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and Beta-Glucanase alter digest activities and ilea nutrient digestibility's more in broiler chicks than in coks. J. appl. Poult. Res. 11 : P471-480.
- AY Jacela, Joel M DeRouchey, Mike D Tokach, Robert D Goodband, Jim L Nelssen, David G Renter, Steve S Dritz. Journal of Swine Health and Production 18 (3), 132-136, 2010.
- Beaugrand, J., Chambat, G., Wong, VWK., Goubet, F., Rémond, C., Paes, G., Benamrouche, S., Debeire, P., O'Donohue, M.J., Chabbert, B., 2004. Impact and efficiency of GH10 and GH11 thermostable endoxylanases on wheat bran and alkali-extractable arabionoxylans. Carbohydr. Res. 339, 2529-2540.
- Belaid D., 2015. L'élevage avicole en Algérie. Collection dossier agronomique, 66p.
- Beldman, G., Vorgen, AGJ., Rombouts, F.M., Plinik, W., 1988. Synergism in cellulose hydrolysis by endoglucanases and exoglucanases purified from trichoderma viride. Biotechnol. Bioeng. 31, 173-178.
- Belhouss MY., 2019. Etude de l'impact de l'utilisation d'un probiotique (Enterococcus faecium) sur les performances zootechniques et bilan lipidique chez le poulet de chair). doctorat : Institut des sciences vétérinaires Blida.
- Besse J., L'alimentation du bétail, Ed J.-B. BAILLIÈRE et FILS, Paris. pp 324 -328.

- Biely, P., Vrsanska, M., Tenkanen, M., Kluepfel, D., 1997. Endo-beta-1,4-xylanase families : differences in catalytic properties. *J. biotechnol.* 57, 151-166 ;
- Blain G.C, 2002. Introduction a la nutrition des animaux domestiques. EM inter : Edition médicales internationales. Edition Tech et doc. P 32(4)-35(2)-97(3)-99(3).424p
- Breeder nutrition guide., 2011 : P46
- Brugère-picoux J., Vaillancourt J., Shivaprasd H., Venne D, Bouzouaia M., 2015. Pathologie Aviaire. 1<sup>er</sup> édition, A.F.A.S, Paris, France, 701p.
- Chafia S, 2006. Effet de l'addition des probiotique dans les régimes alimentaire sur les performances zootechnique du poulet de chair. Mémoire de magistère. Université Lakhdar de Batna.
- Cherifi K, FELFOUL Meriem., 2019.Etat des lieux de la pratique de l'aviculture type chair dans la wilaya d'Ain Defla. Master 2 : science agronomique.
- Choct, M., R. G. hughes, G. Wong, M. R. Bedford, A. G. Morgan, and J. Annison, 1997. Increased small itestinal fermentation partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysacharide in chicken's. *Br poult. Sci.* 37 :P609-621
- CIARD (organisation). 2006. Mémento de l'Agronome. Quae, 1691 p.
- Classification et engraissement, Bovillage
- Cloutier L., 2015. Additif alimentaire ayant des effets sur la santé ou sur les performances de croissance chez le porc et la volaille. *CDPQ*, 39 : P1-5
- Codex Alimentarius, Normes alimentaires internationales, codex Stan 182-1995.
- Couailler, 2004. Normes générale pour les additifs alimentaires. *Codex alimentarius*.
- Cowieson A .J ., Adeola o., 2005. Carbohydases, Protease and phytase have an additive benefisilal effect in nutritionally margiral diets for broiler chicks. *Poultry science* 84 : P1860-1867
- Doudah M et Hider M. 2016. Effet des enzymes exogène sur les performances zootechniques. Docteur vétérinaire. Université Saad Dahleb Blida 1, p68.
- Driouche H Hamidi L., 2017.Etat des lieux de la pratique de l'aviculture type chair dans la wilaya de Ain Defla. Master 2 : Sciences et Techniques de Production Animale. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.
- Dusart. L, 2015,. Cahier technique : Alimentation des volailles en agriculture biologique,. PARIS CEDEX 12 (149 Rue de Bercy, 75 595, FRANCE) : ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique),. P68

- Fadjr, 2013, Fadjr, 2013, Substitution du maïs par l'orge et incorporation d'enzyme Begazym dans l'aliment du poulet de chair et effet sur les performances. *Mémoire d'ingénieur d'état en Sciences Agronomiques. USDB.1*
- FAO/OMC, 2014. Sustainable food value chain development – guiding principles. Rome
- Fedida., 1996
- Fedida., 1996. Bases économiques et techniques de l'industrie d'accoupage "Chair" et "ponte" en Algérie. Rapport des statistiques production animale. p 30
- Garcia M. j. Aranibar, R. Lazaro P., Medel, and G. Mateose.2003. Alpha-Amylase supplementation of Broiler diets based on corn . *Poult. Sci.*82 :P436-442
- Gastanig, 1979 et BESSE, 1969
- Guérin J., Balloy D., facon C., villate D., 2018. Maladie des volailles. 4eme édition, France agricole, Paris, France, 582.
- H.Valancony, Anses Ploufraga (1995).
- Immoume A., 2015. Les additifs alimentaires utilisés en alimentation animal en Algérie. Master 2 : nutrition animal et produit animaux. Université Mammérie Mouloud de Tizi Ouzou.
- Johnson, P.E., Tomme, P., Joshi, M.D., McIntosh, L.P., 1996. Interaction of soluble celloligosaccharides with the N-terminal cellulose-binding domain of cellulomonas fimi cenc. 2. NMR and ultraviolet absorption spectroscopy. *Biochemistry* 35, 13895-13906.
- Jones, F.T ., Ricket, S.C., 2003. Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in poultry feeds. *Poultry Science*, 82: 613–617.
- *Journal of animal and plant sciences*, 42(2) ,7237-7244, 2019.
- Khan, S. H., R. Sardar, and B .siddique.2006. Influence of enzymes in performance of broilers fed sun flower-corn based diets. *Pakistan vet. J.* 26 : P109-114
- Khider C, 2019. Evaluation des performances zootechniques de poulettes future pondeuses élevée dans le centre AVIARIB Ain Laoui (Bouira) : Production et nutrition animal. Université Akli Mouhand Oulhadj-Bouira. 101p.
- Laetitia Cloutier, M.Sc ; agr. Christian Klopfenstein, Ph. D., D.M.V.2015
- Laour H., 1987. Analyses des pertes de poulet de chair au centre de Tazoult. Mémoire ingénieur.
- Lemme, A., V. Ravin dran, and w. L.Bryden.2004. Ileal digestibility of amino acides in feed ingredient for broilers. *World's Poult sci.* G.60 :p423-437.

- Lilley et Stillwell., 1965. Historique et développement des probiotiques.
- Marquardt, R.R., D.Boros, w. Guenter, and G.Crow. 1994. The Nutritive value of barley, rye, Wheat and corn for young chicks as affected by use of a trichoderma-reesei enzyme preparation. *Anime. Feed sci. Technol.* 45 :P363-378.
- Mathouthi, N., G. P. Lailles, P. Lepercq, S. just, And M. Larbier. 2002. Xylanase and beta-Glucanase supplementation inprove conjugated bill acid fraction in intestianal content s and increase villus size of small inte stine wall in broiler chicken's fed a rye-based diet. *J. anime. Scis.* 80 : P 2773-2779
- Mefti Korteby H. 2019, Digestion enzymatique et métabolites produits, Cours Master Production etnutrition animale. USDB1.
- Montel E., 2006. Synthèse chimio-enzymatique de dérivés de laminari-oligosacharides, et leur utilisation biochimique. Thèse de doctorat. Chimie organique. Université joseph Fourier-Grenoble1, 231p.
- Nouadri T, 2011.l'alpha-amylase de pencillium camemberti pl21 : Production, purification, caractérisation et immobilisation. Thèse de doctorat : Biochimie /biotechnologie. Université Montouri Constantine, 160p.
- Odettalah, N. H., J. J. Wang, J. D. Garlich, and J. C. H. Shih. 2005. Versazyme supplementation of broiler diets improves market growth. *Poult. Sci.* 84 :P858-864.
- Parker, G.A. (1974). *Bihaviour* 48, 157
- Performances et recommandation nutritionnelles poulet de chair coob.2012
- Qu'est-ce qu'un acide phytique (phytates). 1999 ? disponible sur : [food-info.net](http://food-info.net), consulté le 25-06-2020.
- Ramdane M., 2015. Etude qualitative et quantitatives des résidus d'antibiotique dans la viande de volaille et les œufs dans la région de la Mitidja utilisation des probiotique comme alternative. Thèse de doctorat : sciences biologique. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 159p.
- Ratankhanokchai, k., Waeonukul, R., Pason, P., Chakrit Tachaapaikoon, Kyu, K.L., Sakka, k., Kosugi, A., Mori, Y., 2013. Paenibacillus strain B-6 Multienzyme complex : a novel system for biomass utilization, in : *Biomass Now.* pp. 369-394.
- Rumi M., 2018. Physiologie de la digestion, France, 58p.
- Surdeau et Henaff, 1979. La production du poulet, Bailliere,155P.

- Torronen, Harkkil, A., Rouvinen, J., Torronen, A, 1994. Three dimensional structure of endo-1,4-3-xylanase il from trichoderma reesei : tow conformational states in the active site. EMBO J. 13, 2493-2501.
- Villate. D 2001. Les maladies des volailles. I.N.R.A, 27-38.

**Woodward, J., Lima, M., Lee, N.E., 1988. The role of cellulase concentration in determining the degree of synergism in the hydrolysis of microcrystalline cellulose. Biochem. J. 255, 895-899. Woodward.**

## TABLE DES MATIERES

Remerciements .....	
Dédicace .....	
Dédicace .....	
Résumé .....	
Abstract .....	
.....	
Liste des figures .....	
Liste des tableaux .....	
Liste des abréviations .....	
SOMMAIRE .....	
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 L'ELEVAGE DU POULET DE CHAIRE.....	3
1. PRESENTATION DE L'ANIMAL .....	4
2. ANATOMIE DU TUBE DIGESTIF.....	4
1.1 Glandes salivaires .....	5
1.2 Les glandes annexes.....	5
1.3 Le pancréas .....	5
1.4 Jabot .....	6
1.5 Estomac.....	6
1.5.1 Proventricule .....	6
1.5.2 Gésier .....	7
1.6 Intestin et colon.....	7
1.6.1 Le duodénum.....	7
3. PARAMETRES D'ELEVAGE.....	7
1.1 Ambiance des bâtiments .....	7

1.2	Température .....	7
1.3	Humidité .....	8
1.4	Mouvement d'air.....	8
1.5	Litière.....	9
1.6	Gaz et poussière .....	9
1.7	Contrôle de la lumière.....	9
4.	NORMES DE L'ELEVAGE AVICOLE :.....	10
1.1	Densité .....	10
1.2	Matériels d'élevage .....	10
5.	Biosécurité et état de santé .....	11
CHAPITRE 2 ALIMENTATION ET PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES .....		13
1.	L'ALIMENTATION DU POULET DE CHAIR.....	14
1.1	Nature de l'aliment et Comportement alimentaire.....	14
1.2	Alimentation en eau : .....	15
1.3	Alimentation énergétique .....	15
1.4	Alimentation protéique .....	16
1.5	Alimentation minérale .....	16
1.6	Alimentation vitaminique .....	16
2.	DIGESTION ET ABSORPTION DES ALIMENTS.....	17
1.1	Digestion des aliments .....	17
1.2	Absorption des produits de la digestion.....	19
3.	PERFORMANCES DES ANIMAUX : Paramètres mesurables : .....	20
3.1	Le poids vif : .....	20
3.2	L'indice de consommation :.....	20
3.3	Le taux de mortalité : .....	21
3.4	Gain moyen quotidien :.....	21
3.5	L'ingéré alimentaire (la consommation d'aliment) : .....	21
3.6	Coefficient de variation (CV) : .....	21
3.7	L'homogénéité .....	22
3.8	Le rendement de la carcasse (RC).....	22
CHAPITRE 3 ADDITIFS ALIMENTAIRES EN ELEVAGE POULET DE CHAIR.....		24

1. GENERALITE SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES .....	25
2. DEFINITION DES ADDITIFS ALIMENTAIRES :.....	25
1.1 La dose journalière admissible.....	26
3. PRINCIPAUX ADDITIFS UTILISES EN ELEVAGE.....	26
1.1 Les antibiotiques .....	26
1.2 Les probiotiques.....	27
1.3 Les prébiotiques .....	28
1.4 Les enzymes.....	29
CHAPITRE 4 LES ENZYMES LEUR USAGES DANS L'ALIMENTATION AVICOLE.	30
1. LES ENZYMES DIGESTIVES :.....	31
1.1 Définition et fonction d'une enzyme .....	31
1.2 Action d'une enzyme digestive .....	31
1.3 Les différentes enzymes digestives et leur action.....	31
1.3.1 Enzyme des glandes salivaires .....	31
1.3.2 Enzyme de l'estomac : .....	31
1.3.3 Enzymes du pancréas .....	31
1.3.4 Enzymes produites par l'intestin grêle :.....	32
2. Usage des enzymes dans l'alimentation animal .....	32
3. ENZYMES EXOGENES.....	33
1.1 Phytase .....	33
1.2 Beta-glucanases, xylanases .....	34
1.3 Cellulase.....	35
1.4 Protéase.....	36
4. ENZYMES ENDOGENES .....	37
1.1 Amylase .....	37
1.2 Les carbohydrases .....	37
1.3 Structure de l'amylase : .....	37
5. EFFETS DES ENZYMES EXOGENES SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCES CHEZ LE POULET DE CHAIR : .....	38
1.1 Effet des enzymes exogènes sur la digestibilité nutritive .....	38
Conclusion.....	40

Références Bibliographiques..... 41

-