

République Algérienne Démocratique
et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة



THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Es-Sciences
En Sciences Vétérinaires

Présentée et soutenue publiquement le 07 juillet 2019

Thème :

**Effets de l'utilisation de l'orge avec ou sans beta-glucanase
dans un régime alimentaire à base de maïs-soja chez le poulet
du chair**

Présentée par : **AHMED LALOUI Hamza**

Les membres du jury :

	Nom & Prénom	Grade	Etablissement
Président	AIN BAAZIZ Hasina.	Professeur	ENSV-Alger
Examineurs	BERBER Ali.	Professeur	ISV-Blida
Examineurs	HAMMOUDI Abdelhamid.	Professeur	ISV-Tiaret
Rapporteur	AIT-LOUDHIA Khatima.	Professeur	ENSV-Alger
Co-Rapporteur	KHELEF Djamel.	Professeur	ENSV-Alger

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Avant tout je remercie DIEU le TOUT PUISSANT de m'avoir accordé la foi, le courage, la santé et les moyens de conception de ce travail et à donner la force et la patience de terminer notre étude.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à ma promotrice Pr AIT-OUDDIA Khatima et mon Co-promoteur Pr. KHELEF Djamel de m'avoir proposé ce thème, de m'avoir encadré, mais aussi pour leurs conseils et leur patience, au cours des entretiens, qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Mes vifs sincères remerciements à madame le Pr. AIN BAAZIZ Hasina, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider ce jury.

Mes vifs remerciements aux : Pr. BERBER Ali, Pr. HAMMOUDI Abdelhamid d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Mes plus sincères remerciements à mes parents qui n'ont pas cessé ou hésité à tout moment de me protéger, de veiller à mon instruction.

Je tiens également à remercier mes amis et tous ceux et celles qui m'ont manifesté leur soutien et leur intérêt tout au long de mon cursus.

Résumé

L'étude vise à tester l'effet de l'incorporation de 20% d'orge broyée, avec ou sans enzyme (β -glucanase) (E ; 50 g / t d'aliment) dans un régime alimentaire sur les performances de production du poulet de chair.

L'expérience a été réalisée du jour J1 au jour J56 sur des poussins appartenant à la souche ISA15. 150 sujets âgés d'un jour ont été réceptionnés, pesés et répartis en 3 lots de poids homogène, de 50 poussins chacun. Chaque lot comprenant 5 répétitions de 10 poussins. Ces poussins ont été alimentés avec trois rations à base de maïs-soja contenant : 0% d'orge (régime 1 ; R1 témoin), 20% d'orge + E (régime 2 ; R2), et 20% d'orge sans E (régime 3 ; R3), pendant tout le cycle d'élevage.

Les performances de croissance obtenues avec le régime 3, ont montré l'effet négatif de l'incorporation de 20% d'orge sans E. Ceci semble s'expliquer par la présence des éléments anti nutritifs qui se trouvent dans l'orge. L'addition de β -glucanase dans le régime 2 permet d'améliorer ($P < 0,05$) le gain de poids (84,6 g vs 63,5g) et l'indice de consommation (2,4 vs 2,7), avec une consommation alimentaire totale de 4,99 kg vs 4,73 kg par rapport au régime 3. Les performances obtenues avec le régime 2 ont été similaires à celles enregistrées avec le régime témoin. Hormis, le poids des intestins, qu'a été plus lourd ($P < 0,05$) avec les régimes 2 et 3 à la fin du cycle d'élevage. La longueur des villosités et la profondeur des cryptes, la surface, et le périmètre des villosités ont augmenté ($P < 0,05$) avec la supplémentation en β -glucanase dans le régime 2. Ces résultats indiquent que l'incorporation de 20% d'orge dans l'alimentation du poulet de chair est possible en l'additionnant de β -glucanase, ce qui a permis de réaliser des formules couvrant les besoins alimentaires du poulet de chair et ainsi, de réduire l'utilisation de maïs importé.

Mots-clés : Anti-nutritif, complémentation, croissance, gain de poids, indice de consommation, polysaccharide non amylacé, β -glucanase

Abstract

The aims of this study is to test the effect of incorporating 20% ground barley, with or without enzyme (β -glucanase) (E; 50 g / t feed) into a diet, on the production performance of broiler. The experiment is carried out from day 1 to day 56 on chicks belonging to the strain ISA 15. 150 subjects aged one day were received, weighed and divided into 3 batches of homogeneous weight. Of 50 chicks each. Each batch comprising five repetitions of 10 chicks. These chicks were fed with three maize-soybean diets containing 0% barley (diet one, control R1), 20% barley + E (diet two, R2), and 20% barley without E (diet 3, R3), throughout the breeding cycle. The growth performance obtained with diet 3, showed the negative effect of the incorporation of 20% barley without E. This seems to be explained by the presence of anti-nutrients found in barley. The addition of β -glucanase in diet 2 improves ($P < 0.05$) the weight gain (84.6 g vs 63.5 g) and the consumption index (2.4 vs 2.7), with a total food consumption of 4.99 kg vs 4.73 kg compared to diet 3. The performances obtained with diet 2 were similar to those recorded with the control diet. Except, weight of intestines that was heavier ($P < 0.05$) with diets 2 and 3 at the end of breeding cycle. Villous length and crypt depth, area, and perimeter of villi increased ($P < 0.05$) with supplementation with β -glucanase in diet 2. These results indicate that the incorporation of 20% barley into the broiler diet is possible by adding β -glucanase, which made it possible to make formulas covering the broiler's feed requirements and thus, reduce the use of imported corn.

Keywords: Anti-nutritive, supplementation, growth, weight gain, consumption index, non-starch polysaccharide, β -glucanase.

ملخص

تهدف الدراسة إلى اختبار تأثير دمج 20 ٪ من الشعير المطحون، مع أو بدون إنزيم (gl-جلوكاناز) (E؛ 50 جم / طن تغذية) على أداء دجاج اللاحم.

150 صوصاً عمره يوم واحد تم تقسيمه إلى 3 مجموعات لكل منها 50 صوص، متجانسة الوزن، تضم 5 تكرارات من 10 صيصان. تم تغذية هذه الثلاثة مجموعات بتركيبات غذائية من الذرة تحتوي على 0 ٪ من الشعير (النظام الغذائي 1، الشاهد R1)، و 20 ٪ من الشعير + E (النظام الغذائي 2، R2)، و 20 ٪ من الشعير بدون E (الحمية 3، R3) لفترة التربية. أظهرت نتائج التجربة التأثير السلبي للشعير بدون E على الأداء الحيواني للدجاج، وأن إضافة β -glucanase تجعل من الممكن تحسين ($P < 0.05$) زيادة الوزن (84.6 جم مقابل 63.5 جم) ومؤشر الاستهلاك (2.4 مقابل 2.7)، بإجمالي استهلاك غذائي قدره 4.99 كجم مقابل 4.73 كجم.

كان أداء النظام الغذائي 2 مشابهًا للأداء المسجل مع النظام الغذائي 1. باستثناء وزن الأمعاء التي كانت أثقل ($P < 0.05$) مع الوجبات الغذائية 2 و 3 في نهاية دورة التكاثر. زيادة أطوال الزغب المعوية والمساحة ومحيط الزغبات المعوية ($P < 0.05$) مع إضافة β -glucanase في النظام الغذائي 2.

تشير هذه النتائج إلى أن إدراج 20 ٪ من الشعير المحلي في النظام الغذائي ممكن عن طريق إضافة β -glucanase، مما أتاح صنع صيغ تغطي متطلبات تغذية التسمين، وبالتالي تقليل استخدام الذرة المستوردة.

الكلمات المفتاحية: مضاد للتغذية، مكمل، نمو، زيادة الوزن، مؤشر الاستهلاك، عديد السكاريد غير النشوي بيتا-غلوكان

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 01	Apport en minéraux et oligo-éléments recommandés pour le poulet de chair	05
Tableau 02	Distribution des principales parties du grain	13
Tableau 03	Structure et composition du grain de maïs.	14
Tableau 04	Composition chimique approchée des principales parties des grains de maïs.	16
Tableau 05	La teneur en matières minérales du grain de maïs	16
Tableau 06	La teneur en vitamines du grain de maïs (mg/100g)	16
Tableau 07	matériel utilisé durant l'expérimentation.	36
Tableau 08	conduite de l'expérimentation.	37
Tableau 09	Composition de régime alimentaire de lot témoin	39
Tableau 10	Composition de régime alimentaire du lot 2 « avec b-glucanase ».	39
Tableau 11	Composition de régime alimentaire du lot 3 « sans b-glucanase ».	39
Tableau 12	Valeurs nutritionnelles calculés pour chaque régime alimentaire.	45
Tableau 13	Résulta de l'analyse physico-chimique	45
Tableau 14	Équilibre énergie/protéines des différents aliments par régime alimentaire	45
Tableau 15	Résultats de l'évolution pondérale du poids vif moyen par période d'élevage et pour chaque régime	47
Tableau 16	Consommation alimentaire et l'indice de consommation.	50
Tableau 17	Consommation d'énergie et de protéines par phase et par type d'aliment.	51
Tableau 18	Efficiencce alimentaire des trois régimes alimentaires.	52
Tableau 19	Résultats relatifs à l'évolution du poids de carcasses, du bréchet et de la cuisse.	53
Tableau 20	Poids des organes digestifs au cours des différentes phases d'élevage	54
Tableau 21	Rendements de la carcasse et des organes digestifs.	57
Tableau 22	Effet des régimes alimentaires sur la morphologie de l'intestin grêle (jéjunum) chez des poulets de chair.	61
Tableau 23	Résultats de taux de mortalité des régimes lots par période d'élevage	62

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 01	Coupe longitudinale d'un grain de maïs agrandi	14
Figure 02	Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de démarrage	46
Figure 03	Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de croissance	46
Figure 04	Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de finition.	47
Figure 05	les résultats moyens du poids corporel à la fin de chaque période d'élevage	48
Figure 06	Consommation alimentaire totale par poulet et période.	49
Figure 07	Consommation alimentaire moyenne par poulet et par jour	49
Figure 08	Indice de consommation enregistré dans chaque lots et par période d'élevage.	50
Figure 09	Résultats relatifs à l'évolution du poids de carcasses, du bréchet et de la cuisse.	53
Figure 10	Effet de l'âge sur le développement des organes digestifs.	54
Figure 11	Développement de l'appareil digestif par rapport au poids corporel.	56
Figure 12	Résultats comparatif de rendement de carcasse des trois lots par période d'élevage.	57
Figure 13	Résultats comparatif rendement des organes des trois lots par période d'élevage	57
Figure 14	Rendement carcasse et abats du régime témoin (%).	58
Figure 15	Rendement carcasse et abats du régime 2 (%).	59
Figure 16	Rendement carcasse et abats du régime 3 (%).	59
Figure 17	Histogrammes comparatifs des poids des carcasses et des abats des trois lots.	59
Figure 18	Morphométrie intestinale (jéjunum).	60
Figure 19	histogramme représentative de taux de mortalité des régimes lots par période d'élevage.	63
Figure 20	Etuve et dessiccateur utilisée dans la méthode thermogravimétrique.	annexe
Figure 21	Four à moufle, réglable jusqu'à 550 °C dosage des cendres.	annexe
Figure 22	Appareillage utilisée pour le dosage de matière azoté selon la méthode de KJELDAHL.	annexe

LISTE DES ABREVIATIONS

CMV : Complément Minéraux et Vitamines

E : enzyme

EM : Energie Métabolisable

GMQ : Gain Moyen Quotidien

IC : indice de consommation

M.S : matière sèche

R : régime

RC : rendement de la carcasse

PNA : polysaccharide non amylicé

SOMMAIRE

Table des matières	
<i>REMERCIEMENTS</i>	2
Résumé	3
ملخص.....	5
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES ABREVIATIONS	8
INTRODUCTION.....	14
PROBLEMATIQUE.....	15
1 ^{ere} PARTIE REVUE DE LA LITTERATURE	3
CHAPITRE 01 : ALIMENTATION DES VOLAILLES	3
1- Généralités sur l'alimentation du poulet de chair	3
2- Différent types de besoins alimentaires.....	3
2-1- Les besoins en l'énergie	4
2-2- Les besoins en protéines et acides amines.....	4
2-3- Les besoins en minéraux.....	4
2-4- Les besoins en vitamines.....	5
2-5- Les additifs.....	6
2-6- Les besoins en eau	6
3- Facteur de variation des besoins.....	7
3-1-Age.....	7
3-2- Souche	7
3-3- Conditions d'ambiance.....	7
3-4- Aliment.....	8
4-Les principaux systèmes de productions.....	8
4-1- L'élevage en batteries	8
4-2- L'élevage fermier au sol	9
4-3- L'élevage sur litière.....	9
CHAPITRE 02 : MATIERES PREMIERES UTILISEES DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES.....	11
1-Les sources d'énergie.....	11
1-1- Le maïs.....	11
1-1-1- Origine	11
1-1-2- Etude agronomique de la plante.....	12

1-1-2-1- Taxonomie de la plante	12
1-1-3- Etude botanique	12
1-1-4- Etude physiologique	12
1-1-5- Production mondiale	12
1-1-6- Production Algérienne	13
1-1-7- Constitution du grain du maïs	13
1-1-7-1- Structure du grain du maïs.....	13
1-1-7-2- Composition du grain de maïs.....	15
1-1-8- Utilisation du maïs dans l'alimentation animale	16
1-2- l'orge	17
1-2-1- Les facteurs influençant le contenu en β -glucanes de l'orge.....	19
2- Les Sources protéique.....	21
2-1- Sources de protéines végétales.....	21
2-2- Sources de protéines animales	24
3- Sources de minéraux et de vitamines	25
4-Les additifs alimentaires.....	25
4-1-Definition	25
4-2-Classification	25
4-2-1- Acides organiques.....	25
4-2-2-Prébiotiques.....	26
4-2-3-Les épices et les extraits des plantes.....	27
4-2-4-Enzymes.....	27
4-2-4-1- Phytases	27
4-2-4-2- Glucanases, xylanases, cellulases	28
5- Améliorer la digestibilité de l'orge	28
5-1 Traitement avec l'eau	28
5-2 Chauffage.....	29
5-3 Granulation	29
5-4 Incorporation d'enzymes exogènes.....	29
6-Substitutions possibles des matières premières utilisées dans l'alimentation du poulet de chair	30
6-1-Régime à base d'orge supplémente en enzyme, traité ou non par autoclavage	30

6-2-L'effet des régimes alimentaires à base des céréales sur la fonction intestinale du poulet de chair	30
6-3-Effet de l'enzyme sur l'énergie métabolisable des régimes à base d'orge.....	30
6-4-Effet des régimes a base des céréales entières sur les performances du poulet de chair	31
6-5- Effet de l'incorporation de grains entiers dans les régimes de poulets de chair.....	31
6-6-Comparaison des performances des poulets de chair nourris avec des régimes a base l'orge entière, roulé ou moulu	31
6-7-Influence des régimes à base d'orge enrobée, cireuse et à haute teneur en amylose, avec ou sans supplémentation enzymatique sur les performances du poulet de chair	32
6-8-L'effet de la supplémentation en b-glucanase sur les performances des poulets de chair nourris avec des de régimes à base d'orge, de l'avoine ou du blé	32
2^{eme} PARTIE EXPERIMENTAL	34
Matériels et Méthodes	34
1-Matériels	34
1-1-Matériel d'élevage	34
1-1-1-Lieu d'élevage	34
1-1-2-période d'élevage	34
1-1-3 bâtiment d'élevage	34
1-1-4-Ventilation	35
1-1-5- Alimentation et abreuvement	35
1-2-Matériel de laboratoire	36
1-3-Matériel biologique	37
1-3-1-Les Animaux	37
2-Méthodes	37
2-1-Protocole expérimental	37
2-2-La conduite d'élevage	37
2-3-Protocole de l'analyse physico-chimique des aliments	40
2-4-Protocole de montage des coupes histologique pour mesurer la morphométrie intestinale	41
3-Paramètres étudiés	42
3-1- Le taux de mortalité	42
3-2-Le poids vif	42
3-3-Quantification de l'aliment ingéré	42
3-4-Rendement en carcasse et proportion des abats	43
3-5-la morphométrie intestinale	43
4-Analyse Statistique	43

Résultats et discussion.....	44
1- Apports nutritionnelles des régimes utilisés	44
2-Évolution pondérale du poids vif moyen	46
3-Ingère alimentaire et indice de consommation.....	49
4-L'efficience alimentaire en fonction de la consommation d'énergie et de protéines. ...	51
5-Effet des trois régimes alimentaire sur le poids du muscle de cuisse et de bréchet	53
6- Influence de l'incorporation de l'orge avec ou sans enzyme sur le poids des organes digestifs.....	54
7-Effet de l'âge et les trois régimes alimentaire sur le développement des organes digestifs par rapport au poids corporelle.....	55
8-Rendement de carcasse et des organes.....	57
9-Morphométrie intestinale.....	60
10- Le taux de mortalité.....	63
Conclusion.....	66
Recommandation.....	67
Références Bibliographiques.....	69
Annexes	77

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Encore appelé tiers-monde, le continent Africain est actuellement détenu à faire des progrès dans les secteurs clés du développement, que sont l'élevage et l'agriculture. Ainsi, la production avicole qui connaît depuis les années soixante un développement mondial très important, et qui a atteint en production mondiale de viande environ cinquante millions de tonnes en 1995 contre dix millions en 1960 ; fait office de voie incontournable vers le redressement économique de notre continent. Cette intensification fait cependant face à plusieurs obstacles au premier rang desquels figurent l'alimentation aviaire, auxquelles s'ajoutent l'incompétence des acteurs de la filière et les effets néfastes des marchés internationaux.

En Algérie, la filière avicole a connu une croissance significative en volume au cours des dernières années. Elle a bénéficié d'investissements importants. Cette filière constitue, après la filière lait et céréales, la colonne vertébrale du complexe agro-alimentaire algérien, elle contribue fortement à la fourniture des œufs et de la viande blanche, les deux principales sources protéiques chez le consommateur algérien. Alloui, 2011 ; rapporté que, l'aviculture en Algérie constitue le meilleur recours pour satisfaire les besoins de la population en protéines animales[1].

La réussite de la filière avicole est le résultat des plusieurs facteurs essentiellement l'alimentation qui a eu seul représente 70% du coût de production dans l'élevage de poulet de chair, il est donc important d'accorder une attention particulière à ce paramètre. Ce dernier est le premier poste intervenant dans le prix de revient du poulet de chair.

L'alimentation du poulet de chair a attiré beaucoup d'attention, c'est pour l'investissement, et cela a conduit à une augmentation rapide des d'éleveurs de volailles fabriquent eux-mêmes les aliments pour leurs animaux. Cette pratique est certainement due entre autres à la hausse des prix des matières premières (maïs, soja...) sur le marché local. D'où la recherche effrénée des formules des rations réalisables à moindre coût et couvrir les besoins alimentaires du poulet de chair essentiellement en énergie.

L'Algérie reste confrontée à un manque dans les ressources alimentaire pour les animaux. Dans cette optique nous avons essayé à travers notre essai expérimental de modifier la formule classique à base du maïs en remplaçant partiellement cette matière première par une variété d'orge cultivée localement complémenter ou non par un beta-glucanase. Notre but est de savoir quelles sont les répercussions de cette substitution partielle de matière premières sur les paramètres de production des animaux et également leurs influences sur la morphométrie intestinale du poulet de chair.

PROBLEMATIQUE

Le choix du présent travail se justifie par le fait que la consommation d'énergie est un paramètre important dans l'alimentation des volailles, non seulement par ses implications économiques, mais aussi à cause de son rôle non négligeable dans la physiologie de la nutrition. Le maïs et le tourteau de soja constituent les principales matières premières utilisées dans l'alimentation du poulet de chair dans de nombreux pays puisqu'ils permettent d'avoir des régimes à forte densité énergétique et à haut niveau protéique. Néanmoins, le prix de maïs reste élevé par rapport à celui des autres céréales (orge, triticale), la substitution d'une partie du maïs par de l'orge peut réduire le prix de revient de l'aliment. L'un des objectifs devrait être de trouver des substitutions pour les sources énergétiques surtout le maïs, en utilisant les aliments disponibles en Algérie tels que l'orge, afin d'améliorer la rentabilité des élevages avicoles.

Toutefois, le taux d'incorporation de l'orge dans l'aliment reste limité car il renferme des facteurs antinutritionnels dont les polysaccharides non amylacés (PNA) représentés essentiellement par les beta-glucanes [2], les aliments de volaille ayant des taux d'incorporation d'orge élevés (supérieurs à 15- 25%) réduisent l'ingéré alimentaire ainsi que le gain de poids du poulet de chair, tout en augmentant l'indice de consommation [3]. En outre, l'ingestion de PNA augmente la viscosité des contenus intestinaux et perturbe les processus de digestion et d'absorption.

Pour réduire leurs effets antinutritionnels, l'addition d'une préparation enzymatique à base de beta-glucanase est recommandée pour l'amélioration des performances, l'amélioration de la santé intestinale, l'amélioration de la santé générale du troupeau et la réduction des coûts de transformation.

L'objectif de ce travail a été d'étudier chez le poulet de chair, l'intérêt d'une substitution partielle de maïs importé par 20% d'orge locale, au cours des trois périodes d'élevage du poulet de chair (démarrage, croissance et finition), en étudiant l'impact de cette substitution partielle avec l'addition ou non d'un β -glucanase, aussi bien sur la croissance et l'efficacité de la transformation alimentaire, que sur le poids de l'appareil digestif et l'histométrie intestinale.

1^{ERE} PARTIE

*REVUE DE LA
LITTÉRATURE*

Chapitre 1 :

« ALIMENTATION DE LA VOLAILLE »

1^{ère} PARTIE REVUE DE LA LITTÉRATURE

CHAPITRE 01 : ALIMENTATION DES VOLAILLES

1- Généralités sur l'alimentation du poulet de chair

L'alimentation du poulet de chair a fait de grands progrès aux cours des dernières années. Le poulet a permis des études nutritionnelles très poussées. Les besoins alimentaires sont donc très bien connus.

La formulation des aliments consiste à déterminer la composition d'une ration pour obtenir au moindre coût les caractéristiques nutritionnelles recherchées, la formulation doit tenir compte de contraintes :

- Zootechniques : taux minimaux ou maximaux d'incorporation à respecter pour atteindre les performances recherchées.
- Technologiques : l'incorporation trop élevée de certaines matières premières (graisses, mélasse) peut nuire à la présentation et à la manipulation de l'aliment.
- Économiques : le coût fluctuant de nombreuses matières premières rend leur utilisation plus ou moins judicieuse.
- De disponibilité : l'approvisionnement irrégulier ou insuffisant peut bloquer l'utilisation de matières premières.
- D'enchaînement : il faut éviter les variations brutales de composition de l'aliment, souvent à l'origine de diarrhées en élevage.

Une ration équilibrée favorise donc la croissance optimale de l'animal. Chez le poulet de chair, la croissance est liée à la teneur en énergie de la ration. Un taux élevé d'énergie (à partir de 3200 kcal EM/kg d'aliment) augmente la vitesse de croissance mais également l'adiposité de la carcasse. Seule une augmentation du taux de protéines (jusqu'à 28-30%) permet alors de réduire efficacement cet engraissement excessif. En fait, l'énergie apportée par la ration va dépendre du coût de la calorie et des objectifs de poids et de qualité de carcasse voulus. Elle doit couvrir les besoins des sujets.

2- Différent types des besoins alimentaires

Le besoin alimentaire d'un animal peut se définir comme la quantité d'aliment équilibré qui lui est nécessaire pour avoir une production maximale de viande (poulet de chair). Cette notion de besoin n'est pas absolue, elle fait obligatoirement référence à un critère ou à un objectif : gain de poids recherché, indice de consommation souhaité, qualité de la carcasse désirée. Comme le montre, le besoin nutritionnel est relatif aux objectifs zootechniques recherchés.

2-1- Les besoins en l'énergie

Les besoins en énergie sont généralement exprimés en kilocalories d'énergie métabolisable par kilogramme d'aliment (kcal EM/kg). On distingue les besoins énergétiques d'entretien (c'est l'énergie nécessaire au renouvellement des tissus âgés, au maintien de la température corporelle) et les besoins énergétiques de production (c'est l'énergie nécessaire à la formation de nouveaux tissus ; croissance et engraissement). Les oiseaux règlent leur consommation alimentaire en fonction de la quantité d'énergie ingérée. Ainsi, toute élévation de la teneur énergétique d'un aliment se traduit par une réduction de la consommation alimentaire. Dans ce cas, il faut « concentrer » l'aliment, c'est à dire augmenter sa teneur en chacun de ses nutriments (protéines et acides aminés, minéraux, oligo-éléments, vitamines).

Une bonne ration doit permettre à l'animal de couvrir toutes ses dépenses : entretien, production, élimination de chaleur. Si l'énergie métabolisable (EM) de la ration est insuffisante, l'animal doit puiser dans ses réserves : la production diminue et peut même cesser. Selon [4], les besoins énergétiques des poulets sont compris entre 3000 et 3200 kcals EM/kg. Toutefois, les besoins énergétiques vont être influencés par des facteurs tels que la souche, le régime alimentaire et la température ambiante.

2-2- Les besoins en protéines et acides aminés

Un apport abondant et continu en protéines est nécessaire au poulet de chair pour entretenir et développer ses tissus ainsi que pour fournir les diverses productions qui sont attendues. Les produits de la digestion des protéines d'origine alimentaire ou endogène sont absorbés essentiellement sous la forme d'acides aminés libres. Dans le sang, comme dans tous les tissus, il existe une quantité appréciable d'acides aminés dits libres parce que non engagés dans des liaisons peptidiques. Ils sont utilisés à des fins anaboliques ou cataboliques (synthèse protéique, néoglucogenèse, cétogenèse, oxydation...), l'ensemble de ces réactions constituant le métabolisme protéique [5]. Les volailles, comme tous les animaux supérieurs, sont incapable de synthétiser certains acides aminés dits indispensables, dont ils ont besoin pour leur synthèse protéique et leur renouvellement tissulaire. Ils doivent les consommer dans leur alimentation.

2-3- Les besoins en minéraux

On réunit habituellement l'eau et les minéraux dans une même problématique. Cette démarche est en partie justifiée par le rôle que jouent, à l'instar du sodium et du potassium, plusieurs minéraux à l'état ionisé dans l'homéostasie sanguine et cellulaire : maintenir la pression osmotique des milieux intérieurs ou le potentiel de charge électrique entre les cellules et le liquide extracellulaire. De nombreux éléments, en particulier les oligo-minéraux, sont des cofacteurs entrant dans la composition d'enzymes et existent donc à l'état associé avec des

protéines. Enfin, le calcium et le phosphore entrent dans la structure des os et le phosphore dans La composition des phospholipides membranaires, comme montrent le tableau 01[5]. Les concentrés minéraux vitaminés (CMV) du commerce sont la principale source en ces différents éléments et sont généralement incorporés à des doses variant entre 0,5 et 5% de la ration [6].

Tableau 01 : Apport en minéraux et oligo-éléments recommandés pour le poulet de chair (En g/ kg d'aliment) [5].

Période (semaines)	0-3	3-abattage
Calcium	10	9
Phosphore	4,2	3,8
Sodium	1,5	1,5
Chlore	1,24	1,24
Fer	40	15
Cuivre	3	2
Zinc	40	20
Manganèse	70	60
Cobalt	0,2	0,2
Sélénium	0,1	0,1
Iode	1	1

2-4- Les besoins en vitamines

Ce sont des substances organiques actives à très faibles doses et vitales pour les animaux. L'organisme étant incapable de les synthétiser, les vitamines doivent être apportées entièrement dans la ration alimentaire, à l'exception de certaines qui sont produites par la flore digestive en quantité quelquefois suffisante pour satisfaire les besoins.

- Les vitamines liposolubles

Du fait de leur caractère liposoluble, les vitamines A, D, E et K sont absorbés selon les mêmes mécanismes que les lipides, elles sont ensuite stockées dans le foie et le tissu adipeux en quantité plus ou moins importante en fonction de l'apport alimentaire. La constitution de telles réserves présente à la fois l'avantage de fournir à l'organisme, de façon régulière, les quantités nécessaires à ses besoins et aussi l'inconvénient que l'accumulation puisse devenir toxique lorsqu'elle est excessive.

- Les vitamines hydrosolubles

Ces vitamines participent à de nombreux systèmes enzymatiques (B1, B6, acide pantothénique, biotine...)[5].

2-5- Les additifs

En plus des nutriments mentionnés précédemment, on utilise plusieurs types d'additifs :

- Les anticoccidiens ; pour protéger l'animal contre la coccidiose.
- Les facteurs de croissance ; le plus souvent des antibiotiques qui sont utilisés à des doses très faibles n'entraînent pas des résidus décelables dans les viandes lorsqu'ils sont utilisés correctement, on constate que leurs actions sont d'autant plus marquées que les conditions d'élevage sont médiocres.
- Les antioxydants ; pour stabiliser les matières grasses animales ajoutées à l'aliment.

2-6- Les besoins en eau

C'est un des éléments nutritifs les plus importants des volailles. La consommation d'aliment est conditionnée par celle de l'eau, une sous-alimentation en eau provoque une baisse de la consommation alimentaire et la réduction du gain de poids. Cela peut être dû à un problème d'appétence (solution médicamenteuse, eau trop chaude ou de mauvaise qualité) ou de stress (vaccination, transfert, maladie, densité élevée), ou à une insuffisance d'abreuvoirs.

La réduction de la prise alimentaire et de la croissance ainsi engendrée est proportionnelle au degré de la réduction hydrique ; cela a été démontré par qui trouvent qu'une restriction d'eau de 50% de la consommation ad-libitum, fait baisser la prise alimentaire de 111 g/jour à 75g/jour chez le poulet [7]. La surconsommation d'eau peut être causée par une augmentation de température, une teneur en sel de l'eau ou de l'aliment trop élevée ou être consécutive à un début de diarrhée.

De même, la teneur en protéines de l'aliment modifie l'ingestion d'eau[5]. Scott, [8] rapportait que les aliments riches en protéines conduisent à une légère surconsommation d'eau qui s'expliquerait par les mécanismes de digestion protéiques 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 pour leur abreuvement. Cette eau remonte le long du colon provoquant la précipitation de l'acide urique sous forme d'urates [5]. En général, les volailles consommeraient environ deux fois plus d'eau que d'aliments.

3- Facteur de variation des besoins

3-1-Age

Les besoins alimentaires de l'animal ne sont pas constants quel que soit son âge. Plus l'animal est âgé, plus sa consommation d'aliment est élevée. Parallèlement, ses besoins en matières azotées totales, en acides aminés, et en vitamines impliquent la formulation de trois types d'aliment qui diffèrent par leurs concentrations en substance énergétique et en protéines, Pour chaque période d'élevage, les aliments composés diffèrent en ce qui concerne le niveau énergétique, le taux protéique et la forme de présentation. Ceci est fonction des besoins nutritionnels de l'animal qui ne sont pas fixes mais sont sous l'influence de certains facteurs de variations qu'il faut prendre en considération dans la formulation de l'aliment. Généralement pour la production du poulet de chair, le programme alimentaire comprend trois types d'alimentation :

- Aliment de démarrage distribué les premiers jours,
- Aliment de croissance durant une période variable selon le type de poulet produit,
- Aliment de finition jusqu'à l'abattage pour ceux qui utilisent ce type d'aliment [9].

Les capacités d'absorption et de digestion, ainsi que les besoins intrinsèques évoluent tout au long de la vie de l'animal, d'autre part la variation des besoins au cours du temps explique et justifie la nécessité de disposer d'un aliment adapté à chaque période de production [9].

3-2- Souche

Des travaux réalisés, montrent que les souches mi-lourd consomment plus d'aliment que les souches légères.

3-3- Conditions d'ambiance

L'élévation de la température réduit les besoins et la dépense énergétiques des animaux. Ainsi, toute élévation de température de 1°C entraîne en moyenne une réduction de la consommation alimentaire de 1%, soit environ 1,2 à 16 grammes d'aliment par adulte et par jour. Les effets de la température étant des plus importants sur la croissance. La température joue aussi un rôle sur la consommation d'aliment puisque c'est l'un des éléments qui interviennent dans la thermorégulation de l'animal. On constate que l'animal consomme plus d'aliment lorsque la température diminue au-dessous de la zone de confort de l'animal, il consomme moins d'aliment lorsque la température augmente au-dessus de cette zone de confort, celle-ci variant en fonction de l'âge de l'animal

De nombreux autres facteurs entraînent une augmentation directe des besoins, tel est le cas du stress ; de manière indirecte, les besoins peuvent être accrus par divers états pathologiques à l'instar de la diarrhée qui entraîne un défaut d'absorption des nutriments. On peut donc prévoir

les performances de croissance lorsque l'on connaît les besoins, les facteurs qui modifient les apports, à commencer par la consommation, ainsi que ceux qui influencent la digestibilité et l'utilisation métabolique. Dès lors, il devient possible de déterminer les caractéristiques des aliments à distribuer.

3-4- Aliment

Pour qu'un poulet de chair atteigne le poids de 1500g, il fallait 120 jours en 1980 et 33 jours seulement en 1998, les relevés effectués à la station expérimentale d'aviculture de Ploufragan montrent qu'à Age égal (49 jours), le poids moyen du poulet de chair a doublé entre 1967 et 1996, alors que l'indice de consommation a diminué régulièrement. L'alimentation a contribué à accélérer la vitesse de croissance des poulets de chair. La première semaine de vie des poussins représente aujourd'hui presque 20% de la durée de vie d'un poulet, durant cette période le poids des poussins augmentent considérablement.

La croissance et le rendement musculaire accrus des poulets sont valorisés par une alimentation plus concentrée en énergie métabolisable et en acides aminés disponibles pour les synthèses protéiques. La simple granulation à la vapeur (80°C) suffit souvent à améliorer significativement cette digestibilité et la valeur énergétique. De même, certains lots de tourteau de soja présentent une valeur énergétique légèrement améliorée par la granulation qui doit dénaturer des facteurs antitrypsiques résiduels. Il est cependant impossible de donner une valeur fixe et systématique à cet effet bénéfique de la granulation. D'autres traitements, tels que l'extrusion, peuvent également améliorer la valeur énergétique des matières premières [5].

4-Les principaux systèmes de productions

Avant de concevoir un bâtiment d'élevage il faut comprendre que les poulets peuvent modifier l'ambiance d'une manière sensible après trois semaines de vie. Ainsi la chaleur animale qui se dégage à travers le plumage, par le bec et même des fientes (excréments) augmentent la température du local. Cette chaleur doit être utilisée en hiver et éliminée en été. Pour élever le poulet d'une manière rentable, il est nécessaire d'intensifier de plus en plus des bâtiments totalement conditionnés ou bien isolés.

Les principaux systèmes de productions sont :

4-1- L'élevage en batteries

L'ambiance des bâtiments plus difficilement contrôlable et que la présentation des animaux laisse à désirer (60% d'ampoule au bréchet). Il est envisagé, pour pallier à ces défauts, la construction d'un matériel en matière plastique remplaçant le métal actuel. De toute évidence ce système suppose un travail plus ardu pour l'éleveur des possibilités d'infections constantes,

une viande de poulet nettement moins ferme de par le manque de déplacements [10]. Ces systèmes nécessitent des grands investissements, plus que la qualité médiocre de chair. La croissance est plus lente, les poulets ayant moins de protéines et de vitamine B12. Enfin les batteries causent des blessures [11].

4-2- L'élevage fermier au sol

Les bandes de 50 à 200 têtes nécessitent une surface plus importante et de moindre technicité [11].

4-3- L'élevage sur litière

Ce type nécessite un bâtiment bien conditionné avec eau courante, électricité et sol sain en ciment pour faciliter le nettoyage et la désinfection, c'est le type d'élevage à caractère industriel [11]. Généralement, il se fait dans un bâtiment complètement clos et en lumière uniquement artificielle. La surveillance en est facile, la qualité de la viande et la présentation des sujets à la vente satisfaisante. Il est facile de reconverter le bâtiment à une autre production, par contre le risque de parasitisme (coccidiose) est sensible, les consommations sont supérieures à l'élevage en batteries et les croissances un peu moins rapides. La surface du bâtiment doit être plus importante (de l'ordre de 1000 m²) [10].

Chapitre 2 :

« MATIÈRES PREMIÈRES UTILISÉES DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES »

CHAPITRE 02 : MATIERES PREMIERES UTILISEES DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES

La formulation des aliments consiste à combiner plusieurs matières premières et compléments afin de satisfaire les besoins des animaux tout en garantissant le prix le plus faible par kg d'aliment fabriqué, les besoins de base sont l'énergie (énergie Métabolisable), les protéines, le calcium le phosphore disponible et les acides aminés essentiels, souvent pour ces derniers, on ne tient compte que de la lysine et de la méthionine qui sont les plus limitant. En pratique, la formulation de l'aliment doit évoluer en permanence en fonction des informations « on line » qui viennent du suivie des résultats de terrain, d'abattoir et des analyses, des matières premières et des aliments, car le suivi rapproché des performances du terrain est certainement un élément clé de la valeur des aliments.

Les aliments pour poulet sont généralement classés selon leurs particularités, à savoir ceux qui fournissent l'énergie, les sources de protéines, de calcium et de phosphore et enfin, ceux qui apportent d'autres minéraux, les oligo-éléments et les vitamines, Nous classifions simplement les matières premières entrant dans la ration du poulet en deux grandes catégories :

- Les matières premières sources d'énergie.
- Les matières premières source de protéines.

1-Les sources d'énergie

Les céréales et leurs coproduits représentent la principale matière des aliments composés, et par conséquent, l'aliment principal des monogastriques. Le grain des céréales est un caryopse nu ou vêtu de ses glumelles. Le blé, le maïs, le sorgho, le seigle et le triticales appartiennent au premier groupe, l'orge et l'avoine font partie du second. L'albumen est le constituant principal du grain des céréales. Les grains nus possédant les meilleures valeurs énergétiques, ils ont une proportion faible d'enveloppes et possédant une forte proportion d'albumen [12]

1-1- Le maïs

Le maïs est la céréale de choix pour l'alimentation des volailles. C'est l'ingrédient le plus utilisé dans l'alimentation des monogastriques.

1-1-1- Origine

Le maïs aussi appelé blé d'Inde au Canada est une plante tropicale herbacée annuelle, largement cultivée comme céréale pour ses grains riches en amidon, mais aussi comme plante fourragère [13]. Cette espèce, originaire d'Amérique centrale, était déjà l'aliment de base des Amérindiens avant la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb [14]. Le maïs est aujourd'hui cultivé partout dans le monde et est devenu la première céréale mondiale devant le riz et le blé [15]. Le maïs actuel résulte à la fois de mutations naturelles et de sélections conduites par l'homme à

partir d'un ancêtre sauvage, qui pourrait être la téosinte, graminée qui croît spontanément en Amérique centrale ou un de leurs ancêtres communs.[16]

1-1-2- Etude agronomique de la plante

1-1-2-1- Taxonomie de la plante

Le maïs appartient au règne végétal, à la classe des Liliopsidées, à l'ordre des cypéales, à la famille des Poacées, à la sous-famille des panicoidées, au genre Zea et à l'espèce Zea mays. [17]

1-1-3- Etude botanique

Le maïs est une plante monoïque. Il porte deux types d'inflorescence : les fleurs mâles, groupées sur la panicule terminale ramifiée, et les fleurs femelles, associées sur un ou quelques épis insérés à l'aisselle des feuilles. Bien que le maïs soit auto fertile. [18] Le maïs est une plante annuelle à grand développement végétatif (1 à 3m de hauteur) ; elle présente une tige pleine à gros diamètre (3 à 4 cm) et des fleurs unisexuées. [19]

1-1-4- Etude physiologique

Selon la variété et les températures de croissance, le maïs peut atteindre sa maturité physiologique (stade auquel les grains ont cessé d'accumuler la fécule et la protéine) en 90 à 130 jours environ après l'émergence de la plante lorsque celle-ci est cultivée aux tropiques à des élévations situées entre 0 et 1.000 mètres. A des élévations supérieures, il peut mettre 200 à 300 jours pour atteindre sa maturité. Même à la même altitude et avec des températures identiques, certaines variétés atteindront leur maturité beaucoup plus tôt que d'autres. On les appelle variétés précoces [20].

1-1-5- Production mondiale

Le maïs est la céréale la plus cultivée au monde, la production de grains devançant légèrement celles du riz et du blé. D'importantes surfaces sont également consacrées à la production de maïs-fourrage destiné à l'alimentation du bétail soit en vert, soit sous forme d'ensilage. [21]

Les deux premiers producteurs, États-Unis et Chine, représentent près de 60 % du total mondial, 40 % pour les premiers et 20 % pour la seconde. En Europe, la France, l'Italie et la Roumanie sont les principaux producteurs. Le record de production est de 820 millions de tonnes en 2008. Les exportations mondiales représentent environ 100 millions de tonnes, soit 14 % de la production. Les cinq principaux pays exportateurs, plus de 80 % du total mondial, sont, en 2005, les États-Unis d'Amérique (49,2 Mt), l'Argentine (14,8 Mt), la Chine (9,1 Mt), la France (7,8 Mt) et l'Ukraine (3,1 Mt). [22]

1-1-6- Production Algérienne

La culture du maïs en Afrique du nord remonte au 16^{ème} siècle, elle aurait été introduite d'Espagne par les arabes [23].

En Algérie et durant la période coloniale, les emblavements étaient de l'ordre de 35% [24], après cette période et jusqu'en 1972 ont assisté à une baisse de rendement (18 à 14,1 quintaux) due au manque d'eau assurant l'irrigation et à la réduction des surfaces cultivées au détriment du développement de la production animale [25]

1-1-7- Constitution du grain du maïs

1-1-7-1- Structure du grain du maïs

Le grain du maïs est en fait un caryopse, formé de trois parties d'origines différentes :

L'embryon, couramment appelé « germe », situé à la base du grain qui comprend l'embryon proprement dit ou « gemmule » et le Scutellum, c'est-à-dire le cotylédon, organe de réserve dans lequel la plantule puise son énergie initiale ; l'embryon est issu de l'œuf formé à la suite de la fusion du noyau d'un spermatozoïde et de l'oosphère, il est diploïde [26]

L'albumen, tissu de réserve, essentiellement composé de grains d'amidon, sauf la couche périphérique située sous le péricarpe qui contient des grains d'aleurone riches en protéines ; ce tissu est issu de la fusion du noyau d'un spermatozoïde et des deux noyaux de la cellule centrale (c'est donc un tissu à 3n chromosomes). [26]

l'enveloppe extérieure, fine membrane translucide et fibreuse, issue du péricarpe de l'ovaire (une partie du fruit et non pas de la graine) (Figure 1) [17]

Tableau 02 : Distribution des principales parties du grain [17].

Structure	Distribution du poids (%)	Structure	Distribution du poids (%)
Péricarpe	5-6	Péricarpe	5-6
Aleurone	2-3	Aleurone	2-3
Albumen	80-85	Albumen	80-85
Germe	10-12	Germe	10-12

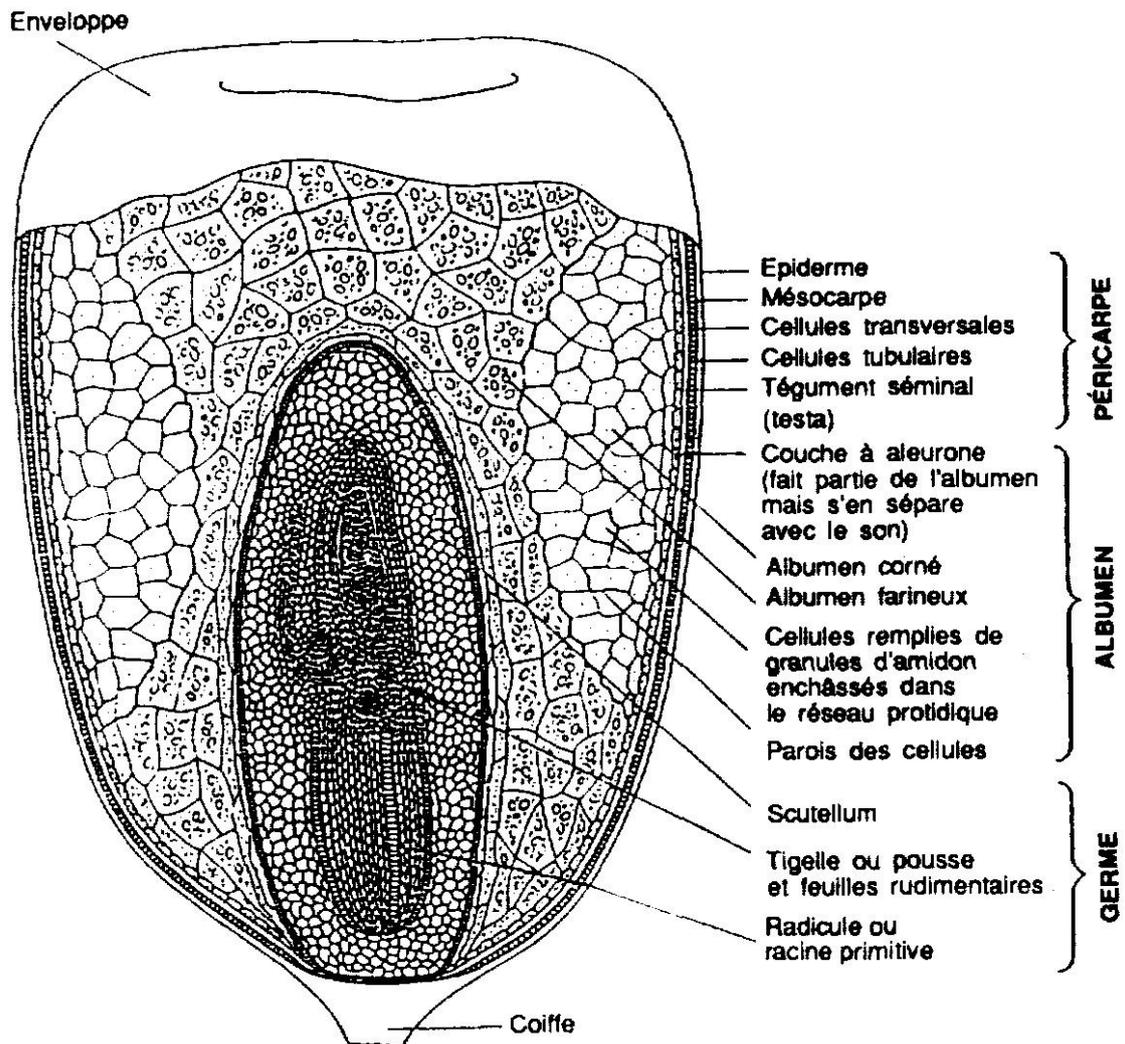


Figure 01 : Coupe longitudinale d'un grain de maïs agrandi.

Tableau 03 : Structure et composition du grain de maïs. [19].

	Proportion du grain (%base sèche) (Minimum/maximum)	Composition des différentes parties du grain (% base sèche)				
		Amidon	Protéines	Lipides	Fibres	Cendres
Albumen	83 (73/77)	88	8	0,8	3,2	0,3
Germe	11 (9/14)	8	18	33	14	11
Péricarpe	5	7	3,7	1	84	0,8
Funicule	1 (0,8/2,1)	5	9,1	3,8	78	1,6
Grain entier (min/max)	100	73	9,1 (7,4/12,3)	4,4 (3,7/5,8)		1,4 (1,13/1,6)

1-1-7-2- Composition du grain de maïs

Si l'amidon est toujours le composant majeur du grain (Tableau 3 et 4), on peut observer une assez grande variabilité dans sa teneur en protéines, qui peut quasiment passer du simple au double selon l'échantillon considéré [19].

Le germe est très riche en lipides (plus de 30 %, tableau 3), protéines et cendres ; il contient ainsi près de 80 % des cendres et des lipides du grain. Les lipides du grain sont essentiellement des triglycérides près de 80% [19].

Les matières minérales du germe sont en majorité sous forme de phytates : on considère ainsi qu'à peine 30 % du phosphore du grain est assimilable.

Le péricarpe est, lui, très riche en composés pariétaux : il comporte de 50 à 70 % de pentosanes, qui sont des fibres indigestibles mais fermentescibles (Tableau 3) [19].

L'albumen est composé majoritairement d'amidon, mais contient une partie non négligeable de protéines. Ce sont des protéines de réserves, fortement carencées en lysine et tryptophane, contrairement aux protéines du germe [19].

Enfin, il existe une couche de cellules particulières situées à la partie externe de l'albumen au contact du péricarpe : c'est l'assise protéique ou couche à aleurone. Elle représente 2 % environ du grain et elle est riche en protéines plus de 20 % en matières minérales. Le grain de maïs comporte la plupart des vitamines importantes à l'exception de la vitamine B12. Le germe est plus riche en vitamines que l'albumen, exception faite des composés caroténoïdes (provitamine A), qui sont essentiellement présents dans l'albumen des grains jaunes [19].

Ainsi, selon le type de première transformation et le degré de décorticage (élimination du péricarpe) et dégermage, les qualités organoleptiques et nutritionnelles du produit seront modifiées. Le décorticage permettra de diminuer la teneur en composés pariétaux, non digestibles (fibres) et souvent préjudiciables à la texture en bouche du plat final ; toutefois, il s'accompagnera souvent d'une élimination de la couche à aleurone (riche en protéines et en matières minérales) et d'un dégermage partiel. L'élimination du germe abaissera la teneur en vitamines, en cendres et en protéines (et surtout l'efficacité protéique) du produit, mais, par la dilapidation induite, permettra de conserver plus longtemps le produit, qui sera moins sujet au rancissement [19].

Tableau 04 : Composition chimique approchée des principales parties des grains de maïs (pourcentage) [19].

Composant chimique	Péricarpe	Albumen	Germe
Protéines	3,7	8	18,4
Extrait	1	0,8	33,2
Fibres brutes	86,7	2,7	8,8
Cendres	0,8	0,3	10,5
Amidon	7,3	87,6	8,3
Sucre	0,34	0,62	10,8

Tableau 05 : La teneur en matières minérales du grain de maïs [19].

Sels minéraux	Concentration (mg/100 g)
P	299,6± 57,8
K	324,8 ± 33,9
Ca	48,3 ± 12,3
Mg	107,9 ± 9,4
Na	59,2 ± 4,1
Fe	4,8 ± 1,9
Cu	1,3 ± 0,2
Mn	1,0 ± 0,2
Zn	4,6 ± 1,2

Tableau 06 : La teneur en vitamines du grain de maïs (mg/100g).

Vitamines Mg/100g	Thiamine B1	Riboflavine B2	Pyridoxine B6	Niacine PP	Acide pantothénique	Tocophérol E
Maïs	0,40	0,10	0,7	1-3	0,30 – 0,80	1,30 – 1,80

1-1-8- Utilisation du maïs dans l'alimentation animale

L'utilisation du maïs dans l'alimentation animale est de loin le premier débouché (environ les deux tiers globalement) et concerne surtout les pays industrialisés. En fonction des résultats escomptés en élevage, la couleur du grain est généralement prise en compte [27]. Le grain jaune diffère du grain blanc par la teneur en carotène. Cette caractéristique détermine l'usage en alimentation des volailles suivant la couleur blanche ou jaune recherchée pour la chair et le foie

gras. Le grain de maïs a une faible teneur en protéines (10 %) et un manque d'acides aminés essentiels (tryptophane et lysine) qui rendent obligatoire l'addition des compléments protéiques. La recherche ces dernières années, a mis au point un maïs riche en tryptophane et en lysine, appelée OBATAMPA. [28]

1-2- l'orge

Comme pour les autres céréales, l'amidon est le composant principal du grain d'orge. Selon Bach Knudsen [29], environ 60% de la matière sèche de l'orge est constituée d'amidon et 22% de fibre alimentaire. L'amidon est la principale source de glucides, et donc d'énergie. La taille et le poids des céréales mûres sont étroitement liés à la quantité d'amidon qui s'est accumulée au cours du développement du grain [30].

L'amidon est considéré comme un polysaccharide car il est composé de molécules de sucre (glucose) liées (également appelées monosaccharides). Les molécules de glucose sont reliées entre elles par des liaisons α -glycosidiques, faciles à décomposer dans le tube digestif des oiseaux et des mammifères. Toutes les autres liaisons glycosidiques sont résistantes aux enzymes digestives endogènes des animaux [31], bien qu'elles puissent être digérées par des enzymes dérivées de microbes [32].

Un facteur limiter l'usage de l'orge en alimentation avicole ; C'est dû à la présence éventuelle facteur anti nutritionnelle les β -glucanes. Il s'agit de polysaccharides non amylacés constitués de chaînes de glucoses liés en β -1-4 (70 % des liaisons) et en β -1-3 (30 % des liaisons).

Les deux principales catégories d'amidon dans l'orge, l'amylose et l'amylopectine, diffèrent par leur taille, leur forme et leur composition. Dans l'amylose, les molécules de glucose sont reliées les unes aux autres par des chaînes avec des liaisons α -(1→4). Dans l'amylopectine, des chaînes de glucose lié en α -(1→4) sont liées selon une structure très ramifiée avec des liaisons α -(1→6) entre les chaînes [31].

L'amidon est déposé sous forme de couches dans l'endosperme, avec des teneurs variées en amylose et en amylopectine [33]. L'amylopectine est plus facile à digérer que l'amylose. La digestibilité de l'amidon variété cireuse aurait été 10% plus élevée que celle de l'amidon normal [34]. Malheureusement, les grains d'orge cireuse sont plus petits et contiennent un peu moins d'amidon que les grains normaux [35] et sont généralement associés à des taux de β -glucane plus élevés [34].

L'interaction de l'amidon et de l'iode est utilisée pour donner une indication de la structure de l'amidon [36]. La couleur bleue de la tache est due à la teneur en amylose de l'amidon, tandis que l'amylopectine produit une couleur rouge.

L'amidon est déposé sous forme de granulés semi-cristallins insolubles dans les tissus de stockage (grains, tubercules, racines). La teneur en amylose seule n'est pas un bon prédicteur du taux de digestion de l'amidon. Les granules d'amidon peuvent être encapsulés par une matrice protéique rigide ou par des parois cellulaires provenant du même aliment. L'amylose et l'amylopectine représentent 98 à 99% du poids sec de ces granulés. Les autres composants comprennent les lipides et le phosphore [31]. Bien que les lipides soient présents à des niveaux relativement bas dans les granules d'amidon, ils jouent un rôle important dans la détermination des propriétés de l'amidon. Dans les cultivars d'orge normaux, le niveau de lipides dans les granules d'amidon est généralement corrélé à la quantité d'amylose présente, de sorte que plus le niveau d'amylose est élevé dans un amidon, plus il y a de lipides. L'association de lipides avec l'amidon dans les granules de céréales est inhabituelle et aucune association de ce type n'a été rapportée dans d'autres parties de la plante ni dans d'autres semences de graminées [37].

L'endosperme est le tissu de stockage de la graine, qui nourrit le plant en croissance au moment de la germination. L'endosperme est composé de 3 types de cellules principales : l'endosperme amylicé, la couche de transfert basale et l'aleurone. La couche de transfert intervient dans l'absorption des nutriments par la plante pendant le développement de la graine. L'endosperme féculent est le principal site de stockage de l'amidon et des protéines. Tout en remplissant certaines fonctions de stockage, le rôle principal de l'aleurone est de servir de tissu digestif. Au moment de la germination, il sécrète de l'amylase dans l'endosperme amylicé, ce qui provoque la dégradation de l'amidon stocké et fournit aux jeunes plants en croissance des sucres pour leur énergie et leur croissance. La simplicité apparente est trompeuse, cependant ; Le développement de l'endosperme est hautement spécialisé et comporte de nombreuses caractéristiques uniques. La teneur en protéines du grain d'orge dépend du cultivar. Les cultivars à six rangs ont généralement une teneur en protéines plus élevée et une teneur en amidon plus faible que les variétés à deux rangs [38]. Il a été démontré que la fertilisation azotée augmentait la teneur en protéines des grains. Bien que la qualité de la protéine dans l'orge soit de faible à modérée, elle est meilleure que celle contenue dans le blé et le maïs. La protéine d'orge est pauvre en lysine ainsi que d'autres acides aminés essentiels, principalement la thréonine, la méthionine et l'histidine. La teneur en protéines du grain augmente avec la fertilisation à l'azote, tandis que les niveaux relatifs de ces acides aminés diminuent [38].

Plus récemment, des gènes ont été identifiés à la fois dans le blé et dans l'orge qui produisent des protéines élevées [39, 40]. Malheureusement, ces gènes sont également liés à de faibles rendements en grains. La sélection génétique pour l'augmentation des niveaux de lysine n'a

réussi qu'avec le maïs [41]. Cela est dû principalement aux ressources génétiques limitées disponibles pour d'autres céréales.

Le noyau d'orge contient environ 7,74% de croûte, 0,41% de péricarpe, 1,29% de germes, 7,19% d'aleurone et 83,43% d'endosperme [42]. Dans l'orge, les β -glucanes constituent 70% de la paroi cellulaire de l'endosperme [43]. Les modifications de la paroi cellulaire de l'endosperme vont donc affecter le niveau de β -glucanes dans le grain.

Les conditions climatiques qui favorisent la maturation rapide des grains élèvent généralement les niveaux de β -glucane. Un temps chaud et sec au moment du remplissage du grain entraîne des niveaux plus élevés de β -glucanes, alors qu'un temps pluvieux pendant la maturation diminue les niveaux de β -glucanes [44]. Il a été démontré que l'augmentation des niveaux de fertilisation azotée augmente également la teneur en β -glucane du grain [45]. Les taux de β -glucanes sont plus élevés au stade de la maturation jaune que ceux des grains entièrement mûrs [45, 46]. De plus, les β -glucanes dans l'orge récoltée à maturité verte seraient structurellement différents des β -glucanes récoltés au stade jaune et à pleine maturité [44]. Les auteurs ont émis l'hypothèse que très tôt dans la maturité du grain, une forte proportion des β -glucanes sont à un stade précoce de synthèse, où ils ont un poids moléculaire inférieur, un rapport différent de liaisons (1 \rightarrow 3) à (1 \rightarrow 4), ou tous les deux.

La durée de stockage est également un facteur affectant la teneur en β -glucane, la teneur en β -glucane diminue dans les grains stockés pendant une longue période [38]. Toutes les céréales contiennent des enzymes capables de décomposer les β -glucanes afin que le glucose qu'elles contiennent soit disponible pour l'embryon en développement. Il a été suggéré que la diminution des taux de β -glucanes dans les grains stockés serait due à la lente dégradation des β -glucanes par ces enzymes endogènes [43]. Hesselman [47] ont rapporté que pendant le stockage anaérobie, les niveaux de saccharose et de raffinose diminuaient, alors que les niveaux de fructose, de galactose et de glucose augmentaient. À l'inverse, Fuente [48] n'ont signalé aucun effet du temps de stockage sur le contenu énergétique de l'orge.

1-2-1- Les facteurs influençant le contenu en β -glucanes de l'orge

Jeroch [38] ont noté la présence de beaucoup de variation dans le contenu en β -glucanes de l'orge. Ils ont attribué ceci à plusieurs facteurs dont la génétique, le climat, le stade de maturité, l'utilisation de fertilisant azoté et la durée d'entreposage. MacLean [49] avaient remarqué que l'orge à deux rangs a un contenu en β -glucanes supérieur à l'orge à six rangs et ceci fut expliqué par les facteurs génétiques. D'autre part, le principal facteur environnemental influençant les niveaux de (1-3), (1-4) β -glucanes est la disponibilité de l'eau durant la maturation du grain [50]. Jeroch [38] et Newman [51], avaient remarqué qu'un climat chaud et sec survenant durant

la phase de formation des grains favorise la formation de β -glucanes. Aastrup a trouvé que la pluie a un effet positif sur la qualité de l'orge. Ce dernier possède une viscosité de l'extrait plus faible que celui cultivé dans les climats secs. La pluie aurait pu diminuer la synthèse des β -glucanes ou contribuer à modifier sa structure afin qu'il devienne plus accessible aux enzymes endogènes. En effet, la diminution de la viscosité est due au faible pourcentage des β -glucanes solubles et non à la dégradation de ceux-ci. Hesselman [46] avaient trouvé que la pluie diminue la viscosité du grain et augmente sa valeur alimentaire. Ces chercheurs avaient remarqué qu'un climat chaud et sec entraîne un développement rapide des grains et une récolte précoce et, par conséquent, une augmentation significative de la viscosité du grain.

De plus, Aastrup [44] a trouvé que la viscosité d'extrait de l'orge est plus élevée lorsque celui-ci est récolté au stade de maturité jaune. [46] et [49], avaient aussi remarqué que la viscosité est proportionnelle à la quantité de β -glucanes solubles du grain. Au stade vert, une grande proportion de β -glucanes est en état de synthèse tandis que du stade jaune au stade mature. La viscosité diminue significativement avec la diminution de la quantité de β -glucanes solubles [44, 46, 47]. Hesselman [46] ont trouvé que le niveau de β -glucanes dans le grain augmente avec une fertilisation en azote supérieure à 80 kg/ha. Par ailleurs, l'entreposage des grains a un effet sur le contenu en β -glucanes du grain. Hesselman [47] ont trouvé que la viscosité extraite de l'orge. Induite par les β -glucanes solubles. A diminué avec l'entreposage anaérobique des grains. L'analyse des glucides contenus dans les extraits d'éthanol des échantillons de cette expérience ont révélé la présence d'une grande quantité de sucre réduit dans l'orge récolté au stade jaune tandis que le sucrose et la raffinose existaient en plus fortes concentrations dans l'orge au stade combiné [47]. Ces chercheurs avaient remarqué que, durant l'entreposage, le sucrose et la raffinose ont disparu tandis que le fructose, le galactose et le glucose ont augmenté. De plus, l'entreposage anaérobique de l'orge pendant trois mois avec un contenu en eau assez élevé (40%) a diminué la solubilité de la fibre et celle de β -glucanes contenu dans le grain [52]. La viscosité d'extrait de l'orge fut ainsi réduite au même niveau que celui du blé. La diminution de la quantité totale de β -glucanes du grain est en fait due à la réduction de la quantité de β -glucanes solubles. En effet. Ces chercheurs avaient remarqué que l'entreposage à un taux élevé d'humidité a affecté la relation entre les β -glucanes solubles et insolubles. Ce dernier tend à augmenter lors d'un entreposage sous forte humidité [52]. En effet, le mode d'entreposage ne permet pas un entreposage à long terme des grains sans ajout d'agents de conservation.

2- Les Sources protéique

2-1- Sources de protéines végétales

Les grains de céréales contiennent relativement peu de protéines par rapport aux semences de légumineuses, avec une moyenne de 10 à 12% de MS [53, 54]. Les protéines de céréales sont classées en 3 groupes : protéines de stockage, protéines structurelles et métaboliques et protéines de protection [54]. La couche d'embryon et d'aleurone externe de l'endosperme de céréale contient des protéines de stockage de globuline. Les protéines de stockage représentent environ 50% de la protéine totale contenue dans les céréales matures. Les protéines de stockage principales dans les céréales sont les prolamines et les globulines, bien que d'autres protéines mineures soient également présentes [53]. Les prolamines sont riches en proline et en glycine, mais déficientes en acides aminés chargés, en particulier les acides aminés essentiels lysines et tryptophane. Les prolamines représentent environ la moitié des protéines totales de l'endosperme chez l'orge, le mil, le seigle, le sorgho, le blé et le maïs [55]. L'hordéine est la principale prolamine de l'orge.

- **Tourteau de soja** : Le tourteau de soja est riche en matière azotée totale et surtout en lysine. Les problèmes d'utilisation du tourteau de soja ont été résolus et il est très bien utilisé par les animaux.

A côté de ces matières premières très usuelles, d'autres sont utilisées en petite quantité : la farine de luzerne, riche en lysine à l'avantage d'apporter aussi des pigments ; mais elle est peu énergétique ; les levures cultivées sur alcanes. Le soja (*Glycine max* (L.) Merr.), ou soya jaune, est une plante grimpante de la famille des Fabacées, du genre *Glycine*, proche du haricot, largement cultivée pour ses graines oléagineuses qui fournissent la deuxième huile alimentaire consommée dans le monde, après l'huile de palmel. Le tourteau issu de la trituration des graines de soja est la principale matière riche en protéines employée en alimentation animale. Il s'agit du sous-produit de l'extraction de l'huile des graines oléagineuses du soja. C'est une matière première pauvre en matières grasses. Le tourteau de soja est la principale matière protéique utilisée en alimentation des volailles comme source de protéines/d'acides aminés (taux protéique de l'ordre de 30 à 50%). Le terme désigne aussi ses graines, qui constituent l'un des aliments naturels les plus riches. Il renferme une grande quantité de protéines, de glucides, de lipides, de vitamines A et B, de phosphore, de potassium, de calcium, de magnésium, de zinc et de fer. Cite par [56].

D'après [57], le soja cru est inférieur de point de vue nutritionnel au soja correctement traité à la chaleur et depuis, le tourteau de soja est devenue la principale source de protéines pour les volailles. Le tourteau de soja est inclus dans les rations en pourcentages qui peuvent dépasser

25%. Un excès de tourteau de soja dans la ration peut provoquer des excréments humides. [58] Ont fixé la valeur d'énergie métabolisable à 2800 kcal/kg pour les graines crues, soit une valeur très éloignée de celle de 3500 kcal utilisée par l'industrie pour les graines traitées. Le contenu énergétique est un peu inférieur à celui des céréales mais leur valeur énergétique est 25 à 30% inférieure à celle du maïs. Ceci est dû à son faible pourcentage en amidon (moins de 15%) et en graisse et à son contenu en fibre relativement haut (5 à 10%). Ces auteurs ont constaté que des poulets nourris avec 20% de graines non traitées présentaient une croissance inférieure de 24% à celle des poulets nourris avec de la farine de soja et de la graisse. Les tourteaux et les protéagineux en sont relativement bien pourvus en protéines. Le tourteau de soja est le seul à présenter un taux élevé en lysine. Par contre les protéagineux sont déficients en acides aminés soufrés et en tryptophane.

Le tourteau de soja présente 28 g/kg de lysine, 13 g/kg de méthionine + cystéine, 18 g/kg de thréonine et 6 g/kg de tryptophane. Il présente une qualité relativement régulière. Le contenu protéique des tourteaux oléagineux est très élevé. La qualité de cette protéine est supérieure à celle des céréales [5, 59]. Le principal problème du soja réside dans la présence de facteurs à activité antitrypsique. Ces facteurs antitrypsiques sont localisés pour la plupart, avec les protéines du soja, c'est-à-dire dans les cotylédons. L'inhibiteur de la trypsine est le facteur antinutritionnel posant le plus de problèmes. Il perturbe la digestion des protéines et provoque l'augmentation de la taille du pancréas des volailles de 50 à 100%. Comme la plupart des composés antitrypsiques, ceux du soja sont thermostables.

Les phyto-hémagglutinines sont abondantes dans les graines de soja. Ce sont des toxines qui entravent l'absorption normale de l'amylase pancréatique et par la suite entraînent une élimination rapide de l'enzyme dans les excréments.

Les facteurs allergènes étant donné leur action sur l'intégrité des microvillosités de l'intestin grêle, la glycinine et la α -conglycinine réduisent l'absorption des nutriments. L'hexane est un solvant utilisé pour extraire l'huile de soja. Une élimination inadéquate de ce solvant après l'extraction provoque une atteinte hépatique des volailles [60].

Concernant la graine entière de soja est, par sa richesse en protéines, en huile et acides gras essentiels, c'est une matière première qui pourrait être utilisée dans l'alimentation des volailles après élimination des facteurs antitrypsiques thermostables qui réduisent la disponibilité des protéines et acides aminés. Leur inactivation permet au minimum de doubler la rétention azotée chez le poulet consommant des régimes à base de graines de soja. En outre, la digestibilité des lipides de la graine entière crue, qui est beaucoup plus faible que celle d'un mélange reconstitué de tourteau et d'huile de soja, peut être améliorée par les traitements mécaniques, par exemple

broyage ou thermomécaniques tels que la granulation et l'extrusion [61]. La mesure de l'énergie métabolisable sur coqs montre que les tourteaux issus de la technologie extrusion - pression à partir de graines de soja entières ou dépelliculées présentent des valeurs nutritionnelles supérieures à celles du tourteau de soja 48 (+ 100 kcal/kg MS) [62]. Ainsi, le régime contenant d'huile de soja avec un taux d'incorporation qui dépasse 4% peut induire des modifications importantes dans la composition tissulaire en acides gras en diminuant dans la peau et la graisse abdominale et en augmentant significativement la teneur en acide linoléique dans la peau, la graisse abdominale et les pectoraux [63].

- **Tourteaux d'arachide et de coton** : Ce sont des sous-produits qui selon la technique d'extraction (par des solvants organiques comme l'hexane), sont pauvres en matières grasses. Par contre, ce sont de véritables sources de protéines. Ils sont les tourteaux les plus disponibles, malgré la présence de facteurs anti-nutritionnels tels que l'aflatoxine dans les tourteaux d'arachide et le gossypol dans le coton ; ceci impose des limites à leur utilisation en alimentation.

Tacher [64], Montrent que l'action toxique du gossypol libre se manifeste à des teneurs de 0,012% et que la mortalité apparaît à partir de 0,16%. Outre la présence de gossypol, les protéines du tourteau de coton sont de qualité moyenne à cause de la faible teneur en lysine et en acides aminés soufrés. Cependant, on peut utiliser ce tourteau dans les rations pour volailles à des taux variant de 5 à 10% [65].

- **Tourteaux de colza**

Les tourteaux de colza et de soja présentent des compositions relativement conformes à celles figurant dans les tables d'alimentation [66]. Les tourteaux de colza ont des teneurs élevées et variables en lipides résiduels (8,5 à 26,1% MS) [67]. Tandis que les graines de colza sont très riches en lipides (40 à 50%) et moyennes en protéines (15 à 25%) cite par [56]

Le colza est disponible en grande quantité et peu cher. De plus, ses protéines sont très bien équilibrées en acides aminés. Mais L'amertume qui le rend inappétant et qui pourrait être résolue par toisage ;

- Un taux de cellulose qui pourrait être réduit par dé pelliculage
- La présence de produits soufrés qui peut être limitée par toisage, par voie génétique (en cours actuellement) par fermentation ou traitement à l'ammoniac. Pour les pondeuses, son emploi n'est pas recommandé, vu la forte mortalité qu'il entraîne ; par contre, pour les futures pondeuses on obtient de très bons résultats jusqu'à 20 semaines. Chez les poulets on peut l'incorporer jusqu'à 10% [68]. La limitation d'emploi du tourteau de colza vient de sa faible teneur en énergie et de sa teneur plus élevée que le soja en cellulose. Les essais indiquent

toutefois que des taux d'incorporation de 15 % de tourteau de colza n'altéraient pas les performances de croissance des poulets de chair. En effet, le tourteau de colza contient un composé, la sinapine, dont le métabolisme digestif communique un goût de poisson aux œufs mais seulement aux œufs roux. Toutefois, le tourteau peut être utilisé pour l'élevage des poulettes, la sinapine n'ayant pas d'arrière-effet [56].

2-2- Sources de protéines animales

Elles sont intéressantes à cause de leur richesse en protéines de très bonne qualité biologique. On recommande une quantité qui équivaut au tiers de la ration chez la volaille. Selon Sakandé, [69], la supériorité de la qualité des matières premières d'origine Animale se situerait à quatre niveaux :

- Leur taux élevé en calcium, phosphore et vitamines du groupe B, en particulier en riboflavine.

- La présence de vitamine B1 (cyanocobalamine), qui est presque absente des aliments d'origine végétale, à l'exception des levures.

- Leur teneur énergétique assez élevée du fait de leur plus grande richesse en matières grasses.

- Leur meilleur équilibre en acides aminés essentiels.

- **Farines de poisson** : Elles sont assez hétérogènes à cause de la diversité des matières premières utilisées : poissons entiers, déchets de poissonnerie, poissons gras ou maigres. Elles sont riches en protéines de grande valeur biologique, pourvues d'acides aminés indispensables. La limite à leur utilisation vient du fait qu'elles coûtent chères. De plus, au-delà d'un certain seuil, elles donnent leur odeur à la viande.

- **Farine de sang** : Elle est peu utilisée dans les régions tropicales. On l'obtient en faisant déshydrater le sang recueilli aux abattoirs. C'est une source très concentrée de protéines dont la digestibilité est diminuée par la présence de fibrinogène. Toutefois, sa teneur en acides aminés permet de couvrir les besoins des volailles. La farine de sang est incorporée à un taux de 5 % [5].

- **Levures** : Elles sont incorporables dans les rations pour volailles à des taux allant de 2 à 4 % [7]. Les levures sont des sources de protéines de très bonne qualité (riches en lysine, tryptophane, thréonine..., mais pauvres en acides aminés soufrés), et de vitamines du groupe B [70].

3- Sources de minéraux et de vitamines

Le calcium et le phosphore constituent les principaux minéraux que doit contenir la ration des volailles. Carbonate de calcium, coquillages marins, poudre d'os et phosphates en sont les sources majeures. Un déficit modéré en calcium n'affecte que les volailles en bas âge, tandis qu'un apport insuffisant en phosphore va se traduire par une anorexie, une baisse de la croissance, des troubles locomoteurs graves et même de la mortalité. Les oligo-éléments tels que le zinc, l'iode et le magnésium, les vitamines et les additifs alimentaires sont apportés par les prémix ou C.M.V. (compléments minéraux vitaminés).

4-Les additifs alimentaires

4-1-Definition

Les additifs utilisés en alimentation animale, peuvent être définis comme des substances chimiques, d'origine naturelle ou synthétique, des préparations enzymatiques ou des microorganismes, qui sont ajoutés aux aliments en faible quantité pour augmenter l'efficacité zootechnique des animaux. Leur utilisation vise à améliorer, directement ou indirectement, l'efficacité des rations. Ces additifs alimentaires ont largement contribué à rentabiliser l'élevage intensif et à donner aux consommateurs accès à des produits de volaille sains et nutritifs.

4-2-Classification

Parmi l'ensemble des additifs au sens large, on peut distinguer trois catégories :

- Ceux qui contribuent à adapter au mieux la composition des rations aux besoins nutritionnelles des animaux. Cette supplémentation nutritionnelle concerne notamment les acides aminés et composés azotés non protéiques, les minéraux et les vitamines.
- Ceux qui ont une influence sur les animaux en assurant un rôle prophylactique ou en activant leur croissance ; ou sur les produits animaux.
- Ceux qui améliorent la qualité des aliments en facilitant leur fabrication, leur conservation et leur présentation, ou qui vont réduire les nuisances provoquées par les déjections animales, en les modifiant quantitativement, ou qualitativement, en augmentant la digestibilité de certains constituants. [71, 72]

4-2-1- Acides organiques

Les acides organiques constituent un outil très valable dans la lutte contre les Salmonelles et même contre les agents pathogènes intestinaux. Les acides organiques sous leur forme non dissociée peuvent diffuser passivement à travers la paroi cellulaire des bactéries, s'y dissocier

à la faveur d'un pH supérieur à leur constante de dissociation (PKa) et provoquer une baisse de pH interne [73]. Dans ce cas un mécanisme de résistance à ce type de stress cellulaire va se mettre en marche et des protons (H⁺) seront « pompés » hors de la bactérie par une pompe à ATP, ce qui consomme de l'énergie et épuise la bactérie.

Pour diffuser hors de la bactérie, les acides organiques doivent aussi être non dissociés, donc en fonction du pH interne, les anions vont s'accumuler, modifier la pression osmotique interne et devenir toxiques pour la bactérie (arrêt de glycolyse, de synthèse d'acides nucléiques, blocage d'enzymes, perturbation du transport membranaire, etc.) [74]. Les acides organiques abaissent le pH du contenu du tractus digestif et de cela découlaient tous ces effets :

- l'augmentation de l'ingéré, l'amélioration du gain moyen quotidien et de l'indice de consommation [73].
- Plusieurs chercheurs ont rapporté une amélioration de la digestibilité des nutriments pour la protéine, et certains acides aminés. L'absorption et la rétention des minéraux sont améliorées [75].

4-2-2-Prébiotiques

Par définition les prébiotiques sont des ingrédients des aliments, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes déjà résidente dans la flore digestive de l'animal ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal [76-79].

Par conséquent, un produit sera classé comme prébiotique dès qu'il répond aux trois conditions suivantes [80-83].

- être ni hydrolysé, ni absorbé dans le tractus gastro-intestinal.
- être sélectif pour un nombre limité de bactéries endogènes.
- Modifier la microflore intestinale en améliorant sa composition.
- Tout ceci doit nécessairement induire une modification de la composition de la flore, améliorant ainsi l'état de la santé de l'hôte.[80]

Compte tenu de ces critères particuliers, on constate que la plupart des prébiotiques sont des hydrates de carbones non digestibles pour l'hôte. On distingue différentes classes de prébiotiques, selon la taille de la molécule ou suivant leur origine, naturelle ou synthétique [83, 84] :

4-2-3-Les épices et les extraits des plantes

L'ail, la moutarde, l'origan, le thym, par exemple sont des épices et extraits de plantes reconnus pour leurs activité bactéricides. Ils contribuent à améliorer l'appétence des ingrédients (Revington, 2002). Ils jouent un rôle dans le contrôle des maladies intestinales. Leurs inconvénients majeurs sont le coût et leur manque de stabilité qui limite leur emploi [85].

4-2-4-Enzymes

Les enzymes sont des protéines qui aident à améliorer la digestion. L'objectif de l'ajout de l'enzyme consiste à améliorer la digestion des polysaccharides non amylacés (sucre ne contenant pas d'amidon). Les polysaccharides non amylacés contribuent à augmenter la viscosité du contenu digestif et par conséquent à réduire la digestibilité de l'aliment [86, 87].

Depuis quelques années, l'utilisation d'enzymes sous forme d'additifs, ajoutés aux aliments, principalement chez les volailles, permet d'améliorer la digestibilité et la biodisponibilité de certains nutriments dans les aliments composés et également, en modifiant les caractéristiques physiques ou chimiques des excréments.

Ces enzymes sont produites industriellement à partir de champignons ou de bactéries[88]. Incorporés dans les aliments secs en farines ou en granulés, elles n'ont pas d'action sur les matières de l'aliment avant son ingestion. Elles agissent donc dans le tube digestif ou leur action s'ajoute à celle des enzymes sécrétées par l'animal lui-même [81]

Une condition indispensable de leur efficacité est leur persistance dans les aliments auxquels elles sont incorporées et, ultérieurement dans le tube digestif, étant donné que ces substances sont inactivées par la chaleur et par des pH extrêmes, et peuvent aussi a priori être dégradées par les enzymes protéolytiques du tube digestif. On distingue plusieurs enzymes utilisées en alimentation des volailles.

4-2-4-1- Phytases

Les Phytases fongiques hydrolysent l'acide phytique qui est la forme principale du phosphore dans les grains. Le phosphore phytique est très peu assimilable par les monogastriques du fait de la quasi absence de phytases bactériennes dans le contenu digestif. L'intérêt de l'utilisation des phytases est principalement écologique. Il permet, en augmentant l'utilisation du phosphore des céréales, de diminuer l'incorporation de phosphate minéral dans les aliments et ainsi de réduire les rejets de phosphore dans les lisiers et les fientes [89].

4-2-4-2- Glucanases, xylanases, cellulases

Les enzymes sont des substances organiques solubles qui catalysent une réaction biochimique. Ils accélèrent les réactions chimiques d'un facteur de l'ordre du million et sont très spécifiques à un substrat donné [90]. Les enzymes ajoutées ont la capacité d'hydrolyser les pentosanes et les β -glucanes en de petits polymères altérant ainsi la capacité de ces polysaccharides de former une solution très visqueuse qui inhibe la diffusion et le transport des nutriments [90-93]. Les xylanases, les glucanases et les protéases doivent être très stables et actives au pH et à la température du tractus gastro-intestinal. Elles doivent aussi agir assez rapidement dans la zone gastrique et efficacement dans le duodénum et dans le jéjunum où 85% de l'absorption des nutriments a lieu dans sa partie terminale [93].

L'utilisation conjointe, dans la même préparation, de β -glucanases et de xylanases d'origines fongique (*Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma koningii*, *Aspergillus niger*) permet d'améliorer de 2 à 4 % la digestibilité et l'énergie métabolisable des régimes à base d'orge et de blé et de neutraliser les inconvénients hygiéniques qu'ils présentent quant 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. Des cellulases (endo 1-4 β -glucanases) sont produites également à partir de *Trichoderma longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. reesei*, d'*aspergillus niger*. Elles permettent d'augmenter la digestibilité des céréales et des tourteaux riches en glucides pariétaux et ont un effet complémentaire des enzymes précédentes. Les xylanases et cellulases résistent bien aux enzymes protéolytiques dans l'intestin grêle. De plus, ces enzymes peuvent permettre aux jeunes animaux de surmonter certains problèmes de digestion dus à une insuffisance de la production enzymatique lors des périodes de stress. Les enzymes peuvent aussi détruire différents facteurs anti-nutritifs présents dans de nombreux aliments et qui limitent la digestion et l'absorption des nutriments, altèrent le taux de passage, et augmentent l'activité microbienne.

5- Améliorer la digestibilité de l'orge

5-1 Traitement avec l'eau

Tremper les grains d'orge dans de l'eau avant de les intégrer à l'alimentation de la volaille a des effets positifs sur les performances des oiseaux. Les effets positifs du traitement de l'eau ont été rapportés par plusieurs chercheurs au fil des ans [94]. Annison [91], ont suggéré que les effets positifs étaient dus à l'élimination des β -glucanes, solubles dans l'eau, ou à l'activation d'enzymes endogènes dans les grains de céréales susceptibles de les dégrader, ou des deux. Il

est possible que les enzymes produites par des microorganismes contaminant l'orge trempée soient responsables d'au moins une partie des améliorations nutritionnelles observées.

Différents traitements de l'eau ont été étudiés, en fonction de la forme du grain utilisé (entier ou moulu), de la quantité d'eau ajoutée et du temps pendant lequel les grains mouillés sont laissés à tremper avant d'être séchés. Le traitement de l'eau d'orge broyé grossièrement [94], d'orge entière [95, 96], ou d'orge broyée grossièrement [97] a été étudié. De plus, Lepkovsky [98], ont trempé un aliment complet toute la nuit. Dans la plupart des études, la quantité d'eau ajoutée était généralement de 1 partie d'orge pour 1 partie d'eau du robinet en poids [95, 99-101]. Le temps de trempage a varié de 30 min [95] à 24 h [101, 102].

5-2 Chauffage

Le chauffage des grains d'orge a amélioré les performances de croissance des poulets de chair en début de croissance, malgré l'augmentation de la viscosité intestinale [103]. Le traitement thermique a consisté à cuire à la vapeur l'orge pendant 50 min, en l'écaillant à travers des rouleaux ondulés, puis en le broyant. Les auteurs ont émis l'hypothèse que le traitement thermique solubilisait les composants de l'amidon et des fibres de la céréale, améliorant ainsi l'accès des enzymes aux nutriments et facilitant leur digestibilité.

5-3 Granulation

Pettersson [104], a rapporté que la granulation augmentait la digestibilité d'un régime à base d'orge. En revanche, Ankrah et al [34], ont rapporté que la granulation n'avait aucun effet sur la croissance ou l'efficacité alimentaire mais réduisait la viscosité du digesta de 45% et augmentait la digestibilité de l'amidon de 17%. Arscott et Rose [96], ont rapporté que la granulation améliorait la croissance et l'efficacité alimentaire des poulets de chair dans les régimes à base d'orge, mais que les résultats étaient toujours inférieurs à ceux obtenus avec le maïs. Arscott et al. [105], ont rapporté que la granulation améliorait les performances de croissance avec les régimes à base de maïs et d'orge.

5-4 Incorporation d'enzymes exogènes

D'après Ferket [106], les enzymes exogènes ont quatre fonctions possibles dans l'alimentation des animaux de la ferme. Ils peuvent améliorer la disponibilité des polysaccharides et des protéines de réserves inaccessibles aux enzymes endogènes. Ce qui rend l'amidon, les protéines ou les graisses plus disponibles. Ils peuvent aussi rompre certains ponts spécifiques présents dans les aliments et non dégradés par les enzymes endogènes comme les β -glucanes qui peuvent devenir disponibles sous forme de glucose.

Les hydrolases des glycanes vont transformer les polysaccharides en oligosaccharides. Ces derniers seront à leur tour hydrolysés par les glycosidases en monosaccharides facilement utilisables par les animaux [92].

6-Substitutions possibles des matières premières utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

6-1-Régime à base d'orge supplémentaire en enzyme, traité ou non par autoclavage

Une expérience a été menée avec 270 poussins sur une période de 28 jours, Pour étudier la stabilité à l'autoclave (0, 50, 70 ou 90 ° C pendant 10 min) d'une enzyme commerciale (β -glucanase) sur les performances et la morphologie intestinale des poulets nourris avec de régime à base d'orge. L'ajout de l'enzyme (autoclave et non) a considérablement amélioré les performances (poids corporel et rapport nourriture / gain) et réduit la longueur relative de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléon et caeca) des poulets par rapport à ceux nourris avec le régime non complété par enzyme.[107]

6-2-L'effet des régimes alimentaires à base des céréales sur la fonction intestinale du poulet de chair

Une étude a été menée pour étudier l'effet des principales céréales et d'un supplément enzymatique microbien sur les performances du poulet de chair, la microflore intestinale et la fonction intestinale. À 28 jours d'Age l'ingestion du régime à base d'orge était associée à un poids corporel bas, à une consommation alimentaire réduite et à un indice de consommation élevé. La supplémentation en enzyme augmentait la consommation d'aliments et le gain de poids des poulets avec un régime à base de blé. Les poulets nourris avec un régime à base d'orge présentaient une digestibilité iléale en matière sèche, en protéines et en énergie inférieure à celle des régimes à base de maïs et de sorgho.

L'amélioration des performances chez les poulets nourris au blé ajout d'enzyme a été associée à des changements de la morphologie intestinale et de la viscosité du digesta.[108]

6-3-Effet de l'enzyme sur l'énergie métabolisable des régimes à base d'orge

L'effet de l'addition d'enzyme sur EM d'une orge à deux rangs chez le poulet de chair été déterminé avec l'augmentation des niveaux d'orge à l'âge de 10 et 30 jours, quatre niveaux d'orge (30,40, 50 et 60%) et deux complexes d'enzymes commerciaux ont été utilisés.

À l'âge de 10 et 30 jours, l'EM de régimes a considérablement diminué avec l'augmentation du niveau d'orge. L'ampleur de la réponse enzymatique (1,4% en moyenne) était influencée par le niveau d'orge ; la réponse n'a été significative qu'à 40 et 50% d'inclusion dans l'orge (la

moyenne de EM s'est améliorée de 2,6%). Il n'y avait pas de différence entre les complexes enzymatiques ou les âges dans EM des régimes ou de l'orge.[109]

6-4-Effet des régimes a base des céréales entières sur les performances du poulet de chair

L'expérience a été menée pour étudier les effets du blé entier, de l'avoine et de l'orge à différents niveaux d'inclusion sur les performances, la digestibilité de l'amidon, et le poids du gésier.

La consommation d'aliments et la prise de poids ont été réduites lorsque les céréales moulues ont été remplacées par des céréales complètes ($P < 0,05$). Cependant, l'efficacité de la conversion des aliments pour animaux n'était pas affectée par l'inclusion de jusqu'à 440 g / kg de blé entier et de 300 g / kg d'avoine et d'orge entiers. La digestibilité de l'amidon a été améliorée ($P < 0,05$) en remplaçant le blé ou l'orge moulu par du blé entier ou de l'orge.[110]

6-5- Effet de l'incorporation de grains entiers dans les régimes de poulets de chair

Des régimes granulés, incorporant du triticales entier ou moulu ou du blé, ont été administrés aux poulets de chair et la performance, le développement gastro-intestinal et la santé de ces poulets ont été enregistrés.

L'utilisation de triticales entier dans les aliments granulés a entraîné des réponses de poids corporel similaires à celles du triticales moulu. L'efficacité de la conversion des aliments était améliorée lorsque le triticales entier était utilisé par rapport au triticales moulu, et était similaire à celle obtenue lorsqu'une enzyme exogène était ajoutée au régime alimentaire du triticales moulu. L'incorporation de blé entier dans l'aliment en granulés a entraîné des réponses de production similaires à l'utilisation de blé moulu. Il est suggéré de réduire l'utilisation actuelle d'additions d'enzymes exogènes dans les aliments pour poulets de chair en incorporant les grains entiers dans les aliments en granulés destinés aux poulets.[111]

6-6-Comparaison des performances des poulets de chair nourris avec des régimes a base l'orge entiere, roulé ou moulu

Dans deux expériences, aucune différence cohérente dans la prise de poids ou la prise de nourriture n'est apparue entre les poulets de chair nourri avec des régimes à base d'orge entier ou roule, mais le rapport poids / gain et le poids de gésier en pourcentage de poids vif ont été réduits ($P < 0,05$). L'addition de sable à l'orge roulé n'a pas affecté les performances.

Dans une troisième expérience, les régimes à base d'orge entiere donnaient un gain de poids significativement plus élevé que les régimes à base d'orge moulue ; cela était dû à la consommation alimentaire qui été nettement plus élevée. Le pourcentage du poids vif a augmenté ($P < 0,05$) lorsque les poulets nourris avec l'orge entiere. L'addition d'enzyme a augmenté ($P < 0,05$) le gain de poids, et diminué ($P < 0,05$) la viscosité intestinale, le rapport

poids / gain et le poids du pancréas en pourcentage du poids vif, quelle que soit la forme de l'orge.[112]

6-7-Influence des régimes à base d'orge enrobée, cireuse et à haute teneur en amylose, sur les performances du poulet de chair

Un total de 384 poulets de chair âgés d'un jour ont été nourris avec des régimes à base des cultivars d'orge enrobés (696 g / kg) avec de l'amidon normal, élevé en amylose, et élevé en amylopectine pendant 18 jours. Les régimes ont été nourris à volonté, avec ou sans supplémentation, d'une préparation enzymatique commerciale contenant b-glucanase.

En règle générale, les poulets nourris avec les régimes alimentaires à base de cultivars d'orge de l'amidon normal pesaient plus, consommaient plus d'aliments et avaient une conversion alimentaire inférieur à celui des animaux nourris avec les régimes élevé en amylose, et élevé en amylopectine, respectivement, à 13 jours. La supplémentation enzymatique des régimes alimentaires augmentait généralement le poids corporel du poulet et les apports alimentaires, améliorait les taux de conversion des aliments (en g d'aliment / g de poids) par rapport aux régimes sans enzymes.[113]

6-8-L'effet de la supplémentation en b-glucanase sur les performances des poulets de chair nourris avec des de régimes à base d'orge, de l'avoine ou du blé

La disponibilité des éléments nutritifs a été évaluée dans des régimes contenant de l'orge, d'avoine ou du blé avec une supplémentation en b-glucanase. La croissance et la conversion alimentaire des poussins (0 à 3 semaines) ont été améliorées de manière significative avec la supplémentation en enzyme pour les régimes contenant de l'orge ou de l'avoine à coque.

L'ajout de matières grasses alimentaires (1,0- 4,5 ou 8,0%) a également amélioré les performances des poussins nourris a des régimes a bas blé ou à l'orge décortiquée, mais les résultats ont été variables lorsque la graisse a été ajoutée à des régimes à base d'orge ou d'avoine à coque nue sans l'ajout d'enzyme. La supplémentation en enzymes améliorait l'utilisation des acides aminés et de l'amidon chez les poussins nourris avec des régimes à base d'orge ou d'avoine à grains nus.[114]

2^{EME} PARTIE

PARTIE EXPERIMENTALE

2^{eme} PARTIE EXPERIMENTAL

Matériels et Méthodes

La place de l'alimentation en élevage avicole est d'une grande importance. Cette importance justifie cette étude qui a pour objectif de déterminer, dans nos conditions d'élevage locales, l'intérêt d'une substitution partielle de maïs importé par 20% d'orge locale, au cours des trois périodes d'élevage du poulet de chair (démarrage, croissance et finition), en étudiant l'impact de cette substitution partielle avec l'addition ou non de β -glucanase, aussi bien sur la croissance et l'efficacité de la transformation alimentaire, que sur le poids de l'appareil digestif et l'histométrie intestinale.

1-Matériels

1-1-Matériel d'élevage

1-1-1-Lieu d'élevage

L'expérimentation s'est déroulée au niveau de la région De Sidi Mezghich située sud-ouest de la Wilaya Du Skikda, dans un bâtiment d'élevage du poulet de chair,

1-1-2-période d'élevage

Notre travail a commencé le 01 mars jusqu'au le 25 avril 2016 sur une durée de 56 Jours.

1-1-3 bâtiment d'élevage

Le bâtiment d'élevage du poulet de chair, où l'expérience a été réalisée est divisé en 3 lots. Chaque lot est divisé en 5 groupes de 10 poussins (soit 5 répétitions de 10 sujets chacun). Les poulets sont regroupés dans des gardes, ont été préparées avec du bûche de paille sous forme carrée avec un diamètre de 1,2 mètre sur une hauteur de 40 cm, pour que les poussins ne s'éloignent pas de la source de chaleur, où ils restent toute la période de démarrage (1 à 13 jours) et la période de croissance (14 à 43 jours) avec élargissement de la garde, jusqu'à son enlèvement.

- **La température :** a été assurée par des radiants à gaz pour maintenir une température homogène dans le bâtiment (32°C au départ et 28°C à la fin de l'essai) (guide d'élevage poulets de chair Hubbard ISA). Pour la surveillance de la température un thermomètre est placé dans l'aire de vie des poulets qui donne la température actuelle.
- **Éclairage :** dans l'expérience, Les animaux ont été soumis à 24 heures d'éclairage durant les 3 premiers jours, puis nous avons diminué l'éclairage progressivement en raison de 2 heures chaque semaine.
- **Litière :** elle est composée de copeaux de bois tamisés et de paille. Elle permet de limiter les déperditions de chaleur des animaux et d'éviter les lésions du bréchet et des pattes. Elle est contrôlée pendant toute la période d'élevage.

- **Le chauffage :** a été assuré pendant les premiers jours par radiants à gaz de petit modèle. Elles sont réparties de façon à chauffer toute l'aire de vie des poussins d'une façon homogène. Pendant les premiers jours de l'étude, l'espace de vie des poussins est couvert par une bâche en plastique pour assurer un chauffage efficace. Le chauffage de l'espace de vie des poussins à 30°C a commencé avant l'arrivée des poussins.

1-1-4-Ventilation

L'aération statique du bâtiment a été assurée par des fenêtres ouvertes de 0.6 mètre x 1.7 mètre, situées à une hauteur de 1.7 mètre du sol afin d'assurer une bonne aération et le dégagement des odeurs et des gaz nocifs.

1-1-5- Alimentation et abreuvement

- Les mangeoires :

Au démarrage, l'alimentation a été assurée par des mangeoires linéaires en acier de 1 m de longueur, adaptées au premier âge et qui ont été ajustées ensuite avec le niveau du dos des poussins. A partir du 13ème jour d'âge des animaux, les mangeoires ont été remplacées par des mangeoires en plastique adaptées au deuxième âge. Les mangeoires ont été utilisées à raison d'une mangeoire pour 50 sujets.

- Les abreuvoirs :

Au démarrage, l'abreuvement est assuré par des abreuvoirs de type siphonide, à remplissage manuel et ayant un volume de trois litres d'eau. Ces abreuvoirs sont utilisés à raison d'un abreuvoir par 50 sujets. A partir du 13ème jour, l'abreuvement a été assuré par des abreuvoirs en plastique, et ils sont ajustés manuellement en fonction de l'âge des poussins.

1-2-Matériel de laboratoire

Le tableau 07 résume le matériel que nous avons utilisé durant notre étude.

Le tableau 07 : matériel utilisé durant l'expérimentation.

Période	Désignation	Utilité
De J1 à J56	Elevage des animaux	
	Matériel d'élevage (mangeoires, abreuvoirs, radiants de chauffage, etc)	Elevage des animaux.
De J1 à J56	Quantification de la consommation et du poids vif	
	balance électronique, balance analytique de précision.	Quantification de la consommation d'aliment, prise du poids vif des animaux,
A la fin de chaque période d'élevage	Détermination du rendement carcasse, le poids de certaine partie anatomique et les proportions des abats	
	Couteau, sécateurs, ciseaux, gants, balance électronique ect.	Saignement des animaux, prise de poids de la carcasse et des abats
A la fin de chaque période d'élevage	Détermination de la morphométrie intestinale	
	Matériel pour montage des coupes histologique (microtome, alcool, microscope, logiciel motic, ect)	Réalisation des coupes histologique de la partie jéjunale, Observation sous microscope, mesurer la hauteur des villosités et la profondeur des cryptes
Aliment de démarrage, de croissance, et de finition de chaque lot	l'analyse physico-chimique d'aliments	
	Creusets, étuve, dessiccateur, four à moufle, Appareils de distillation, matras (fiolle) ect	- Détermination de la matière sèche et de l'eau. - Dosage des cendres. - Dosage des protéines.

1-3-Matériel biologique

1-3-1-Les Animaux

150 poussins d'un jour appartenant à la souche ISA15 ont été pesés et répartis dans trois lots de poids homogène. Le choix de la souche ISA15 est pour leur adaptation à des conditions d'élevage algérienne. Les poussins ont été achetées auprès d'une écloserie commerciale SIFAAC Sarl (Société Industrielle Fabricant d'Aliments et Accoureur, Dar el Beida)

2-Méthodes

2-1-Protocole expérimental

Dès la réception des poussins, nous avons contrôlé leurs poids, leurs vivacités et leurs homogénéités ainsi que l'existence éventuelle malformations. Les poussins répartis au hasard en trois lots de poids homogène (40 ± 1 g). Chaque lot contenait 50 sujets, divisés en 5 groupes de 10 poussins (soit 5 répétitions de 10 sujets chacun) tableau 08. Les poussins ont été élevés au sol, pendant 57 jours, où la nourriture et l'eau ont été fournies ad-libitum dans le même bâtiment afin d'assurer des conditions d'élevage similaires.

Tableau 08 : conduite de l'expérimentation.

Période de l'expérience	Répartition des poussins		
J1 à J56	Répartition de 150 poussins en trois lots expérimentaux		
	Lot témoin (50 sujets)	Lot 1 (50 sujets)	Lot 2 (50 sujets)
	Chaque lot divise en 5 groupes de 10 poussins		

Les pesées ont été effectuées le 1er jour, lors de l'arrivée des poussins afin de calculer le poids moyen au démarrage. Au cours de chaque phase d'élevage et à chaque jour la totalité des poussins ont été pesés.

2-2-La conduite d'élevage

Avant l'arrivée des poussins, un nettoyage, une désinfection et un vide sanitaire de 15 jours ont été réalisés au niveau du bâtiment. L'installation de la litière et des radiants à gaz est réalisée. Nous avons allumé les radiants le jour même une heure avant la réception des poussins. La mise en place des mangeoires, des abreuvoirs de premier âge, les abreuvoirs ont été remplis avec d'eau contenant un réhydratant. L'éclairage est très bien réparti dans le bâtiment d'élevage (absence de zones d'ombres) pour cela il est préférable de multiplier les sources lumineuses. La température est le facteur qui a la plus grande incidence sur les conditions de vie des animaux, ainsi que sur leurs performances. Les jeunes poussins sont très sensibles aux conditions de température en raison de la faible efficacité de leurs mécanismes de

thermorégulation et de l'absence de plumes. Afin d'assurer la réussite de l'élevage, il est essentiel de gérer correctement les températures, notamment au cours des premières semaines, période pendant laquelle l'emplument n'est pas terminé, la température a été suivie par des relevés journalière a plusieurs fois.

L'aliment a été distribué 24 heures après leur mise en place des poussines. La quantification des consommations d'aliment a été mesurée chaque 24 heure, et de même la quantité journalière d'eau bue. Il faut noter que la transition alimentaire entre les différentes phases d'élevage était progressive. Procéder à la transition petit à petit pour éviter le stress.

- **Transition de l'aliment démarrage à l'aliment croissance**

- 1- 11ème jour de l'élevage : $\frac{3}{4}$ démarrage mélangé à $\frac{1}{4}$ d'aliment croissance.
- 2- 12ème jour de l'élevage : $\frac{1}{2}$ démarrage+ $\frac{1}{2}$ d'aliment croissance
- 3- 13ème jour de l'élevage : $\frac{1}{4}$ démarrage+ $\frac{3}{4}$ d'aliment croissance
- 4- 14ème jour de l'élevage : il reste encore d'aliment démarrage ; l'ajouter à l'aliment croissance.

- **Transition de l'aliment croissance à l'aliment de finition**

- 1- 42ème jour : mélanger $\frac{3}{4}$ croissance + $\frac{1}{4}$ finition.
- 2- 43ème jour : mélanger $\frac{1}{4}$ croissance + $\frac{3}{4}$ finition
- 3- 44ème jour : ne distribuer que de l'aliment finition.

Les trois lots d'animaux ont été nourris avec trois régimes à formulations différentes adaptées à chaque période d'élevage. Le maïs ou l'orge étaient la principale source d'énergie, et l'orge a été utilisée en 20% pour remplacer partiellement le maïs dans l'alimentation. Un aliment de démarrage a été distribué de J 1 à J 13, un aliment de croissance de J 14 à J 43 et un aliment de finition de J 44 à J 57. Ces trois phases d'élevage sont habituellement applique par les éleveurs locaux. Pour les trois lots, un lot témoin et deux lots expérimentaux, trois types de formulation alimentaire ont été testées ;

- Le premier groupe « témoin » ou (lot 1), est nourri avec un aliment standard comprend : du maïs, du tourteau de soja et du son de blé. (Tableau 09).
- Le deuxième groupe (lot 2), le maïs est remplacé partiellement par 20% l'orge ajoutée d'un b-glucanase (50g / tonne d'aliment) (Tableau 10).
- Dans le troisième groupe (lot 3), les poulets de ce groupe ont été nourris avec un aliment dont le maïs est remplacé partiellement par 20 % l'orge mais sans b-glucanase (Tableau 11).

Tableau 09 : Composition de régime alimentaire de lot témoin.

Composition du régime	Démarrage	Croissance	Finition
Alimentaire	(%)	(%)	(%)
Mais	60,73	61	66
Soja	32	27	20
Son de blé	4	9	12
CMV ¹	1	1	1
Phosphate	1.67	1.50	1
Sable calcaire	0.60	0.5	0

Tableau 10 : Composition de régime alimentaire du lot 2 « avec b-glucanase ».

Composition du régime	Démarrage	Croissance	Finition
alimentaire	(%)	(%)	(%)
Mais	42.72	45.99	47.5
Orge+ b-glucanase	20+0.001	20+0.001	20+0.001
Soja	31.2	26.6	18.5
Son de blé	3	5	12.4
CMV ¹	1	1	1
Phosphate	1.47	0.709	0.599
Sable calcaire	0.60	0.7	0

Tableau 11 : Composition de régime alimentaire du lot 3 « sans b-glucanase ».

Composition du régime	Démarrage	Croissance	Finition
Alimentaire	(%)	(%)	(%)
Mais	42.73	45.99	47.5
Orge	20	20	20
Soja	31.2	26.6	18.5
Son de blé	3	5	12.4
CMV ¹	1	1	1
Phosphate	1.47	0.71	0.6
Sable calcaire	0.60	0.7	0

¹CMV : complément minéral vitaminique : complément minéral (mg/kg d'aliment)

En résumé, les poulets ont été nourris avec une ration maïs-soja contenant : 0% d'orge (régime 1 ; R1 pour le premier lot témoin), 20% d'orge + E (incorporée dans l'aliment sous forme poudre à raison de 50 g/tonne d'aliment) (régime 2 ; R2 pour le deuxième lot), et 20% d'orge sans E (régime 3 ; R3 pour le troisième lot). Tous les régimes ont été formulés pour répondre ou dépasser les besoins nutritionnels des poulets de chair.

Les calculs de l'énergie métabolisable et des protéines brutes des trois lots et pendant chaque phase d'élevage ont été réalisés à l'aide des tableaux des valeurs nutritives de l'INR. Mais aussi on peut effectuer les calculs par des logiciels spécialisés dans la nutrition animale ou par l'analyse physico-chimique d'aliments (tableau 13).

2-3-Protocole de l'analyse physico-chimique des aliments

Un' analyse physico-chimique des trois régimes alimentaire a été effectuée au niveau de laboratoire de l'Unité des aliments du bétail EL-Harrouch pour ;

- Détermination de la matière sèche et de l'eau (Méthode thermogravimétrique)

Pour l'estimation de la teneur en eau, 5 g d'échantillon homogénéisé ont été placés dans des creusets en porcelaine puis laissés à déshydrater pendant 24 heures dans une étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Après le refroidissement des récipients dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée, par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée déduite.

La matière sèche (M.S.) de l'échantillon sera calculée sur la base de la prise d'essai et de la pesée après dessiccation. (Norme de la méthode d'analyse iso 6496-1983)

- Dosage des cendres

Les cendres sont les résidus de composés minéraux qui restent après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique.

- Peser, à 1 mg près, 2 – 5 g d'échantillon homogénéisé dans le creuset taré.

- Incinérer au four à moufle à 550°C pendant 6 heures, jusqu'à ce que les cendres soient blanches ou grises.

- Laisser refroidir le récipient, dans le dessiccateur avec dessiccatif efficace.

La teneur en cendres de l'échantillon est calculée sur la base de la pesée de l'échantillon incinéré et la prise d'essai (exprimé en g / 100 g). (Journal Officiel de la république algérienne démocratique et populaire, 2006)

- Dosage des protéines

Contrairement aux sucres et aux lipides, les protéines contiennent de l'azote. Cette propriété sera exploitée dans la méthode de détermination de la teneur en protéines dans les aliments. La

méthode KJELDAHL (Journal Officiel de la république algérienne démocratique et populaire, 2006) est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments.

- **Désagrégation** : peser à 1 mg près 2 g d'échantillon bien homogénéisé sur un filtre rond exempt de cendres (diamètre 7 cm) et introduire le tout dans le ballon de désagrégation ; ajouter 15 g de catalyseur mixte, 20 ml d'acide sulfurique (98 %) et le produit anti-mousse, ensuite chauffer jusqu'à ce que la solution soit claire ; chauffer encore pendant 30 minutes.

Laisser refroidir le ballon à l'air.

- **Distillation** : après refroidissement du ballon, diluer la solution de désagrégation avec 50 ml d'eau et refroidir ; ajouter de l'hydroxyde de sodium en excédent. Utiliser comme récipient un Becher avec 30 ml d'acide borique.

Distiller la première goutte de distillat qui fera virer l'indicateur. La durée de distillation correspond au type d'appareil utilisé (5 – 10 minutes après virage).

- **Titrage** : avec de l'acide sulfurique à 0,05 mol / l, se fait visuellement au virage de l'indicateur.

N.B. 1 ml d'acide sulfurique à 0,05 mol / l correspond à 1,4008 mg d'azote.

La teneur en protéines brute de l'échantillon est calculée, sur la base de sa teneur en azote, à l'aide d'un facteur de conversion. Celui-ci résulte de la teneur moyenne de la protéine en azote. La teneur en protéine, exprimée en pourcentage a été calculée selon la formule suivante :

Avec :

- V : volume d'acide sulfurique à 0,05 mol / l utilisée en ml.
- 0,5 : titre de l'acide sulfurique.
- 14 : masse molaire de l'azote.
- 6,25 : coefficient de conversion de l'azote en protéines (exprimée en g / 100 g).

Les résultats de l'analyse physico-chimique d'aliments sont mentionnés dans le tableau 11.

2-4-Protocole de montage des coupes histologique pour mesurer la morphométrie intestinale

Une étude histométrique intestinale a été réalisée aux âges de 13, 43 et 57 jours ; un poussin de chaque répétition (n = 5 / régime) a été pris au hasard et sacrifié par dislocation cervicale, après un jeûne de 12 heures pour limiter le débit intestinal. Une longueur d'environ 5 cm du jéjunum a été obtenue à son point médian entre le point de l'entrée du canal biliaire et le diverticule de Meckel. Deux sections (transversale et longitudinale) ont été faites pour chaque échantillon intestinal (soit au total 10 échantillons intestinaux par régime alimentaire et par période d'élevage). Des coupes histologiques, colorées par la technique d'hémalun-éosine [115] ont été

réalisées afin de déterminer la morphométrie des villosités intestinales [116]. Pour chaque prélèvement, les lames histologiques ont été analysées sous un microscope optique Leica (au grossissement x10) couplé avec un appareil photo numérique. Pour déterminer les variables histométriques (la hauteur des villosités, la profondeur des cryptes, la surface et le périmètre des villosités), un logiciel d'analyse d'images Motic 2.0 ML a été utilisé.

3-Paramètres étudiés

Afin d'étudier l'effet d'une substitution partielle de maïs importé par 20% d'orge locale ajout ou non d'un b-glucanase dans l'alimentation du poulet de chair sur ses performances, les paramètres suivants ont été suivis durant l'expérience :

- Le taux de mortalité.
- Le poids vif.
- La quantité d'aliment ingérée.
- Le rendement en carcasse et détermination de la proportion des abats
- la morphométrie intestinale

3-1- Le taux de mortalité

La mortalité a été enregistrée chaque jour. Le taux de mortalité est calculé selon la formule suivante : **Taux de mortalité (%) = (Nombre de sujets morts / Nombre de sujets initiales)* 100**

3-2-Le poids vif

L'évolution du poids vif a été réalisée par des pesées régulières à différents âges des poulets sur la totalité des sujets de chaque lot. Ces pesées ont été effectuées au moment de la mise en place des poussins (J1), en suite chaque jour on fait la pesée des sujets jusqu' à la fin du cycle d'élevage (J57).

Le contrôle de la croissance permettez mesurer les paramètres zootechniques des poulets (le gain moyen quotidien des animaux, et l'indice de consommation calculé par phase d'élevage).

3-3-Quantification de l'aliment ingéré

La quantification des consommations d'aliment a été mesurée chaque 24 heure. Les quantités distribuées ont été pesées avant d'être distribué aux poussins. Les mangeoires sont retirées avant la distribution d'aliment et le refus est pesé. La quantité d'aliment ingéré est déterminée en soustrayant le refus cumulé de la quantité d'aliment distribué.

La quantité moyenne d'aliments consommée est comptabilisée chaque période d'élevage par la formule suivante :

Quantité moyenne d'aliment = La quantité d'aliments consommée par période d'élevage /
Nombre de sujets en vie

3-4-Rendement en carcasse et proportion des abats

A l'âge de 13, 43 et 56 jours, 5 sujets de chaque lot ont été pris au hasard pesé chacun d'eux juste avant l'abattage, ainsi que la proportion des abats. Le rendement des carcasses a permis de mesurer l'effet des régimes sur les modifications morphologiques et la qualité des carcasses.

Nous avons suivi les étapes recensées ci-dessous :

- Saignée de l'animal et dépouillement.
- Ouverture de la cavité abdominale et éviscération, complète de l'animal et pesée de la carcasse vide, le foie, le cœur, le proventricule, le gésier, les intestins, et la graisse abdominale.

Cette opération a été effectuée dans le but de déterminer le rendement de carcasses pour chaque lot.

La détermination du rendement de carcasse a été effectuée suivant la formule suivante :

$$R = PC \times 100 / PV$$

Où :

R : Rendement en carcasse (%).

PC : Poids de la carcasse.

PV : Poids vif.

Après on procède à la dissection des carcasses pour l'isolement et la récupération des muscles de cuisse et de bréchet.

3-5-la morphométrie intestinale

L'observation histologique a permis de mesurer l'effet de la substitution partielle de maïs par 20% d'orge avec ou sans b-glucanase sur les modifications morphologiques intestinales.

Les coupes histologiques ont été analysées sous un microscope optique lycalux couplé avec Appareil photo numérique. Pour déterminer les variables morphométriques en utilisant un logiciel analyse image Motic 2.0 ML. Les variables mesurées étaient la hauteur des villosités, la profondeur de crypte, le rapport hauteur des villosités : de profondeur de la crypte, la surface et le périmètre des villosités.

4-Analyse Statistique

Les données ont été analysées selon la procédure du modèle linéaire général (MLG) pour l'ANOVA (logicielle Minitab® 16.1.0). Une analyse de régression a été effectuée pour étudier les relations entre les performances des poulets, la morphométrie intestinale et le type de régime alimentaire au sein de chaque lot et à chaque période d'élevage. Les différences entre les moyennes des régimes ont été déterminées en utilisant le test de Tukey (HSD), la déclaration de signification statistique est basée sur $P < 0,05$.

Résultats et discussion

1- Apports nutritionnelles des régimes utilisés

Les apports énergétiques et protéiques des différents aliments et pour chaque régime alimentaire (R1 : lot témoin, R2 : lot 2 et R3 : lot 3) sont reportés au niveau du tableau 12,

Tableau 12 : Valeurs nutritionnelles calculés pour chaque régime alimentaire.

Régime	Nutriments	Type d'aliment		
		Démarrage	Croissance	Finition
R1	EM (kcal/kg)	2890	2908	2989,2
	PB (g/kg)	21	19,49	17,23
R2	EM (kcal/kg)	2850	2903	2950
	PB (g/kg)	21,13	19,64	17,08
R3	EM (kcal/kg)	2850	2903	2950
	PB (g/kg)	21,13	19,64	17,08

Les valeurs ont été calculées à l'aide du logiciel INRA et d'autre logiciel. Mais aussi par une analyse physico-chimique d'aliments (Tableau 13).

Tableau 13 : Résultats de l'analyse physico-chimique

	Aliment de démarrage			Aliment de Croissance			Aliment de Finition		
	Humidité	Protéine	minéral	humidité	protéine	minéral	humidité	Protéine	minéral
lot 1	11,05%	19,69%	6,19%	11,07%	19,26%	5,93%	11,16%	18,38%	5,86%
lot 2	14,38%	20,68%	6,9%	13,7%	19,47%	4,74%	10,84%	18,11%	5,9%
lot 3	13,34%	19,16%	6,08%	13,21%	17,51%	5,87%	12,48%	17,13%	4,63%

Les aliments destinés à l'alimentation du poulet de chair, sont formulés sur la base du rapport énergie/protéines (tableau 14).

Tableau 14 : Équilibre énergie/protéines des différents aliments par régime alimentaire.

Rapport E/P par type d'aliment			
Régime	Démarrage	Croissance	Finition
R1	13,7	14,9	17,3
R2	13,4	14,7	17,2
R3	13,4	14,7	17,2

Dans les trois régimes en constat une incorporation des proportions variables de maïs, soja, son de blé et l'orge avec ou sans enzyme, et le maïs représente l'essentiel des intrants utilisés dans la fabrication des aliments. Pour les 3 régimes alimentaires on constate une augmentation du rapport calories/protéines au cours des différentes phases d'élevage. Si on compare les formules

des trois régimes, on constate que les trois régimes sont iso-calorique et iso-protéique pendant tout le cycle d'élevage. Du point de vue, d'introduire l'orge dans le régime alimentaire du poulet de chair, Crampton [129] a conclu que l'orge, le maïs et le blé pouvaient être utilisés de manière interchangeable dans la mesure où la vitamine A était complétée par des régimes à base d'orge et de blé. Fraps [130], a rapporté que l'orge ne représentait qu'environ 70% de la valeur nutritive du maïs, tandis que l'orge décortiquée en avait 82%. Petersen [133] a évalué l'inclusion du maïs, du sorgho, de l'orge, du blé et de l'avoine dans l'alimentation des poulets de chair et a conclu que l'orge avait la plus faible valeur alimentaire. Jeroch [40] n'ont pas recommandé l'utilisation d'orge sans enzyme dans les régimes de démarrage, mais ont suggéré que les poulets de chair plus âgés puissent tolérer l'ajout de 20 à 30% d'orge dans leur alimentation. Fry [139] ont noté que la présence de fibre dans l'enveloppe de l'orge a un effet mineur sur la diminution de la valeur alimentaire du grain.

L'incorporation jusqu'à 70% d'orge entière dans la ration alimentaire des poulets de chair diminuait leurs performances et influençait négativement l'énergie métabolisable apparente, la digestibilité apparente de la protéine et celle des lipides, en augmentant la viscosité du digesta [140, 141]. Jensen [117] a été le premier, qui a rapporté qu'une préparation amylolytique brute améliorait la valeur nutritive de l'orge utilisée pour l'alimentation des poulets.

Le niveau d'inclusion d'enzymes dans la ration a eu un effet. Cependant, la réponse des oiseaux à différents niveaux d'inclusion (de 0,5 kg/t à 2 kg/t) dépend du cultivar d'orge utilisé, de sa qualité, de son niveau d'inclusion dans l'aliment, du moment de la récolte et du taux protéique de la ration [46, 118, 119]. Baelum [131], cependant, ont rapporté que jusqu'à 40% d'orge inclus dans un régime de poulets de chair entraînait une croissance similaire à celle des poulets de chair nourris avec régimes à base de maïs avec le même rapport d'énergie métabolisable/protéines.

2-Évolution pondérale du poids vif moyen

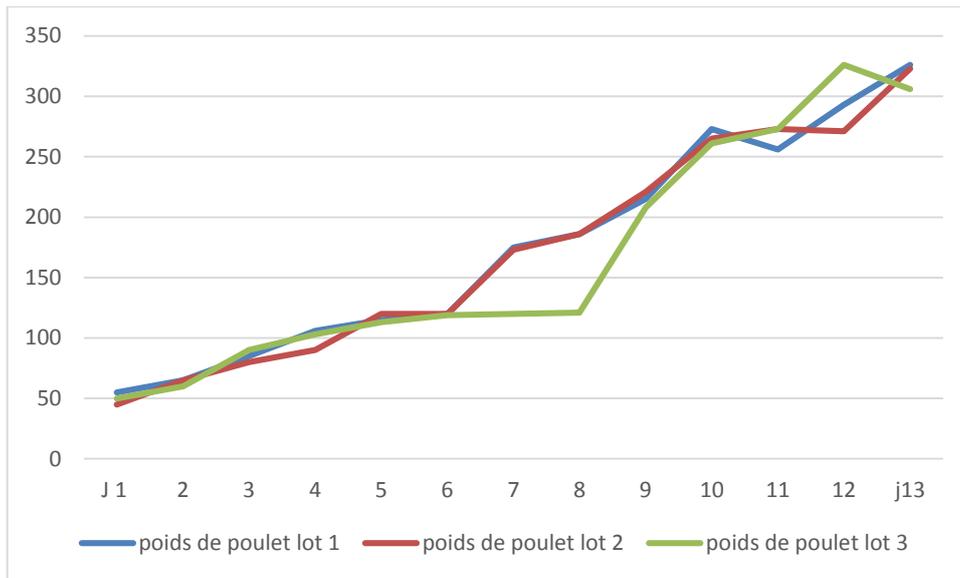


Figure 02 : Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de démarrage

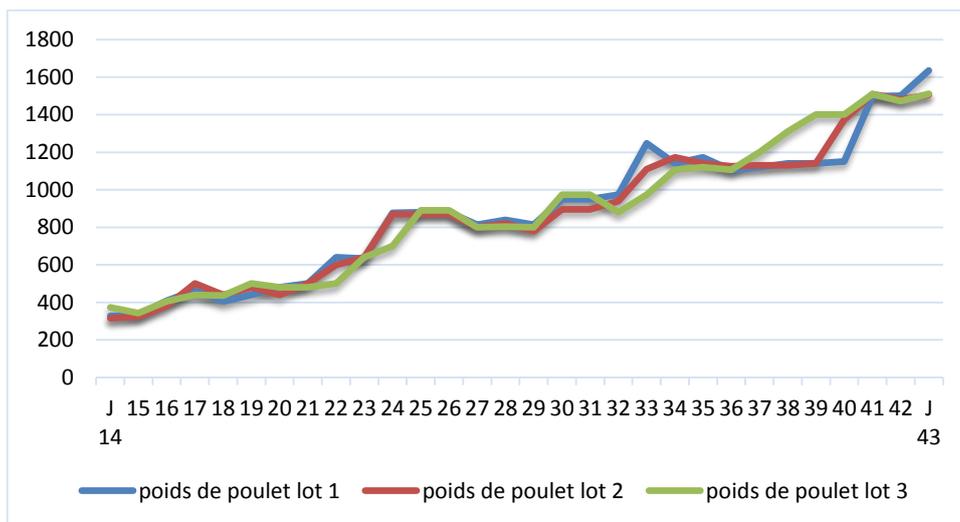


Figure 03 : Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de croissance

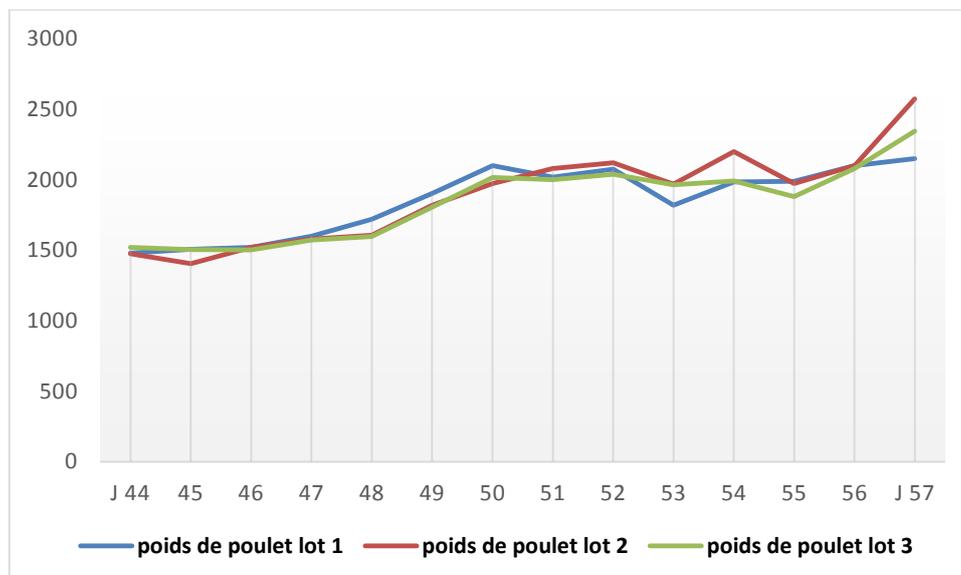


Figure 04 : Croissance pondérale pour les différents lots pendant la phase de finition.

Les résultats moyen du poids vif des animaux soumis à des rations alimentaires dont le maïs a été remplacé partiellement par 20% d'orge avec ou sans b-glucanase sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Résultats de l'évolution pondérale du poids vif moyen par période d'élevage et pour chaque régime.

Performances zootechniques					
	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Poids corporel (kg)					
13 jours	0,33 ^{ab}	0,35 ^a	0,29 ^b	0,01	0,02
43 jours	1,63 ^a	1,54 ^a	1,78 ^a	0,08	0,44
57 jours	2,12 ^a	2,22 ^a	1,85 ^b	0,06	0,20

P : probabilité a, b et c : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM : Erreur Moyenne Standard

R 1 : Régime témoin (0% orge). R 2 : Régime 2 (20% orge + E). R 3 : Régime 3 (20% orge sans E).

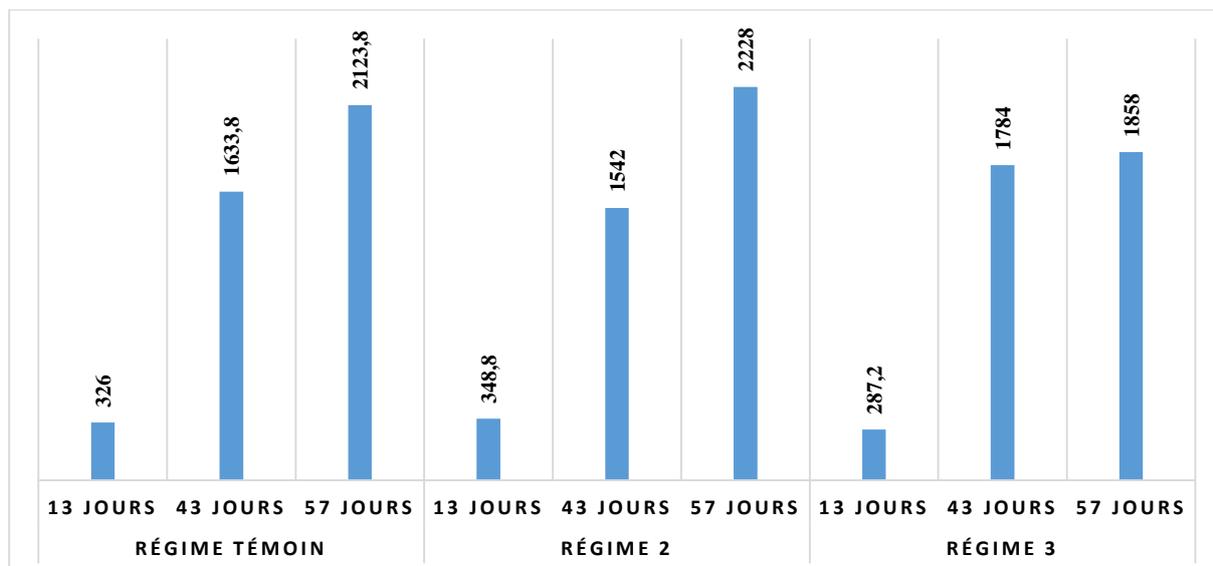


Figure 05 : les résultats moyens du poids corporel à la fin de chaque période d'élevage

A la fin de cycle d'élevage, les courbes montrent une évolution pondérale progressive dans les trois lots. Les poids moyens à la fin de l'essai, sont de 2228 gr pour les poulets du lot 2 contre 1858 gr pour le lot 3. Tandis que la moyenne enregistrée chez les poulets du lot « témoin » est de 2123,8 gr. D'après nos résultats, la meilleure croissance pondérale est obtenue chez les sujets nourris avec le régime de 20% d'orge complétement par un b-glucanase, suivie de celle régime témoin qui a enregistré une valeur de 2123,8 gr ($P > 0,05$). Le plus faible poids vif a été enregistré avec le régime 3. Il faut noter que les valeurs de ces trois lots ne sont pas significativement différentes les uns des autres ($P > 0,05$) pendant la période de croissance.

L'incorporation d'orge dans la ration alimentaire des poulets produit plusieurs effets, on retrouve cet effet dans la bibliographie. Arscott et al [120], ont signalé que l'ajout jusqu'à 15,25% d'orge à un régime de poulets de chair a sans effets néfastes sur la croissance. Des niveaux plus élevés ont réduit la croissance et l'efficacité alimentaire (EA). Brake [134] ont rapporté que jusqu'à 20% d'orge pourraient être inclus dans les régimes des poulets du chair sans effets néfastes sur la croissance et l'efficacité alimentaire ou sur la litière. Classen [137] ont montré que l'augmentation des niveaux d'incorporation d'orge nue dans la ration (0, 10, 20, 40 et 60%) entraînait une diminution linéaire significative du poids corporel sans aucun changement dans la conversion alimentaire. Anderson [138], ont remarqué que le remplacement de l'orge nue par de l'orge entière produisait peu de différence dans les performances des poulets de chair. La croissance des poulets alimentés par des rations à base de maïs fut supérieure de 17% à celle obtenue avec l'orge, alors que l'efficacité alimentaire était de 12% supérieure avec la ration de maïs [138]. De même, Nahas [95] ont rapporté que la croissance et l'EA (efficacité alimentaire) des poulets mâles nourris avec des régimes contenant jusqu'à 20% d'orge entière

étaient similaires, à ceux des poulets nourris avec un régime témoin à base de maïs avec des teneurs en énergie et en protéines similaires. D'autre part, il est remarqué que l'ajout d'enzymes à une ration d'orge ayant un faible contenu protéique a amélioré significativement la vitesse de croissance, l'ingestion alimentaire et la conversion alimentaire à un niveau équivalent ou supérieur à celui des rations d'orge ayant un contenu protéique élevé [104].

3-Ingère alimentaire et indice de consommation

Les quantités d'aliment consommées, durant l'essai par jour et pour chaque phase d'élevage, par les poulets témoins et ceux des régimes 2 et 3 sont représentées dans le tableau 16.

Consommation alimentaire totale par période et par poulet

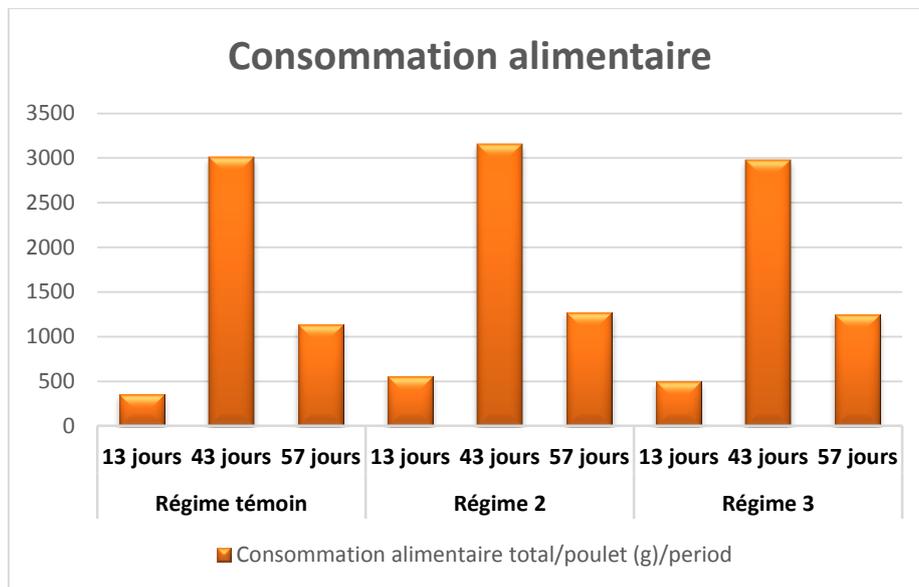


Figure 06 : Consommation alimentaire totale par poulet et période.

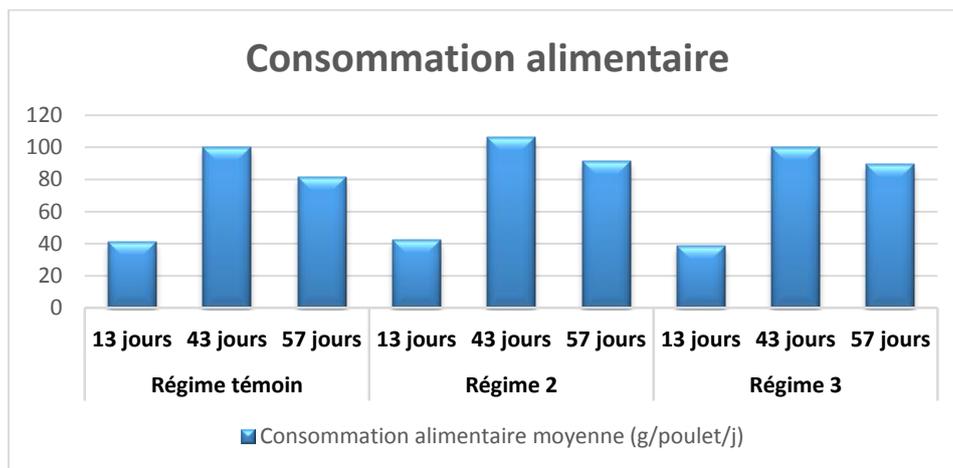


Figure 07 : Consommation alimentaire moyenne par poulet et par jour

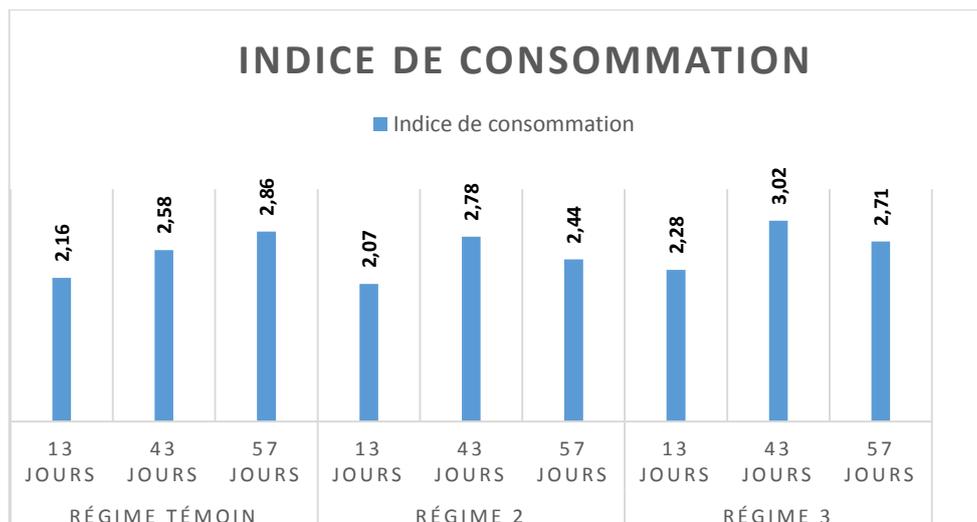


Figure 08 : Indice de consommation enregistré dans chaque lot et par période d'élevage.

Tableau 16 : Consommation alimentaire et l'indice de consommation.

	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Consommation alimentaire total/poulet (kg)					
13 jours	0,53	0,55	0,50	-	-
43 jours	3,01	3,16	2,98	-	-
57 jours	1,13	1,27	1,25	-	-
Consommation alimentaire moyenne (g/poulet/j)					
13 jours	40,8 ^a	42,3 ^a	38,5 ^a	3,65	0,91
43 jours	100 ^a	106 ^a	100 ^a	1,60	0,26
57 jours	81,3 ^a	91,1 ^a	89,3 ^a	2,87	0,33
Indice de consommation					
13 jours	2,16 ^a	2,07 ^a	2,28 ^b	0,06	0,03
43 jours	2,58 ^b	2,78 ^b	3,02 ^a	0,12	0,03
57 jours	2,86 ^a	2,44 ^b	2,71 ^a	0,12	0,02

La consommation alimentaire moyenne par poulet et par jour, les résultats ont été le même chez les animaux du lot témoin en comparaison aux poulets des lots 2 et 3 pendant tout le cycle d'élevage. A la fin de la phase de démarrage, l'ingéré alimentaire du lot « témoin » tend à être similaire (530 gr) par rapport au lot 2 (550 gr), et lot 3 (500 gr) et de même pour la phase de la croissance et de finition.

Les indices de consommation durant toutes les phases des essais montrent que le meilleur indice de consommation a été obtenu dans le lot 2 avec une valeur de 2,44, en revanche ce groupe a enregistré un poids vif similaire à celle du lot témoin, et supérieur en comparaison aux poulets de lot 3. Le lot 3 a enregistré l'indice de consommation le plus élevé avec une valeur de 2,71, suivi par celui du lot témoin avec une moyenne de 2,86. Les travaux de Benabdeldalil [136], a montré que l'inclusion de l'orge à des niveaux supérieurs à 30% dans les régimes distribués aux poulets de chair entraîne une réduction des performances de croissance et une augmentation de l'indice de consommation. Les résultats demeurent variables d'une expérimentation à l'autre et dépendent de plusieurs facteurs tels que :

- La variété d'orge incorporée, sa composition chimique et ses caractéristiques nutritionnelles.
- L'âge des animaux utilisés.
- Les caractéristiques nutritionnelles des régimes.
- La nature, la dose et la composition des complexes enzymatiques ajoutés.

L'inclusion de 15, 20 ou 25% d'orge sans addition d'enzyme dans des aliments de poulets de chair donne lieu à des niveaux de performances comparables à ceux de lots témoins ayant à 10% d'orge.

4-L'efficience alimentaire en fonction de la consommation d'énergie et de protéines.

Les quantités d'énergie et de protéine consommée par phase et par type d'aliment sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Consommation d'énergie et de protéines par phase et par type d'aliment.

Paramètres		Type d'aliment			
		Démarrage	Croissance	Finition	Total
Consommation totale d'énergie (kcal)	R 1	1702,21	9526,62	3409,21	14638,04
	R 2	1567,72	9402,74	3858,82	14829,28
	R 3	1583,39	9762,37	3688,58	15034,34
Consommation totale de protéines (g)	R 1	123	635,47	195,65	954,12
	R 2	116,05	634,77	222,30	973,12
	R 3	117	659,05	212,50	988,55
Gain moyen quotidien (g/j)	R 1	21,38	40,33	62,50	36,75
	R 2	20,84	43,6	47,8	44,38
	R 3	19,69	37,96	58,92	40,26

Les résultats de consommation d'énergie et de protéine (tableau 17) ; révèlent que l'alimentation imposé par le régime 2 s'avère plus efficace au vu des résultats du GMQ obtenus pour cette régime (44,38 g/j) avec une consommation d'énergie et de protéine (14829,28 kcal et 973,12 g) ressemblant ou plus minime comparativement au régime « témoin » (14638,04 kcal et 954,12 g) et régime 3 (15034,34 kcal et 988,55 g), qui sont très élevées chez les poulets nourris par ces deux régimes.

Pour mieux expliquer parmi laquelle le régime plus efficace, l'on établit un calcul des efficacités énergétiques et protéiques pour chaque régime (tableau 18).

Tableau 18 : Efficience alimentaire des trois régimes alimentaires.

Paramètres	Régime 1	Régime 2	Régime 3
Consommation d'énergie (kcal/j)	256	260,16	263
Consommation protéine (g/j)	16,73	17,07	17,34
Efficience énergie (kcal/g de gain)	6,96	5,86	6,55
Efficience protéine (g protéine/g de gain)	0,45	0,38	0,43

Il semble clair que les résultats de l'efficacité énergétique et des protéines sont meilleur chez les poulets de régime 2 (5,86 kcal/g de gain et 0,38 g/g de gain) en comparaison avec le régime « témoin » (6,96 kcal/g de gain et 0,45 g/g de gain) et le régime 3 (6,55 kcal/g de gain et 0,43 g/g de gain). Svihus [114] n'ont trouvé aucune différence constante entre le gain de poids corporel et l'ingestion alimentaire chez les poulets de chair nourris avec un régime à base d'orge entière ou d'orge broyée ; Cependant, l'EA a été amélioré. La digestibilité de l'amidon augmentait avec l'utilisation d'orge entière et semblait être liée à une augmentation de la taille du gésier.

En effet, l'addition de ses enzymes a amélioré de 20 à 50% le taux de croissance des poulets de chair [121]. Cette amélioration est due à l'augmentation de l'ingestion alimentaire chez les poulets de chair [46, 47, 49, 104, 109, 122]. De plus, le gain de poids et le poids final sont supérieurs chez les poulets de chair alimentés avec de l'orge entière additionné d'un supplément enzymatique que pour ceux recevant de l'orge entière sans supplément enzymatique [51, 118, 119, 121, 123]. De la même, l'ajout d'enzymes dans une ration contenant jusqu'à 60% d'orge entière a amélioré significativement la conversion alimentaire [124]. Des recherches avaient indiqué que les enzymes sont aussi efficaces pour les aliments contenant de l'orge entière que pour ceux contenant de l'orge broyer.

5-Effet des trois régimes alimentaire sur le poids du muscle de cuisse et de bréchet

Les résultats relatifs à l'évolution du poids de certaines parties anatomiques et le poids corporel, sont reportés dans la figure 09 et le tableau 19.

Figure 09 : Résultats relatifs à l'évolution du poids de carcasses, du bréchet et de la cuisse.

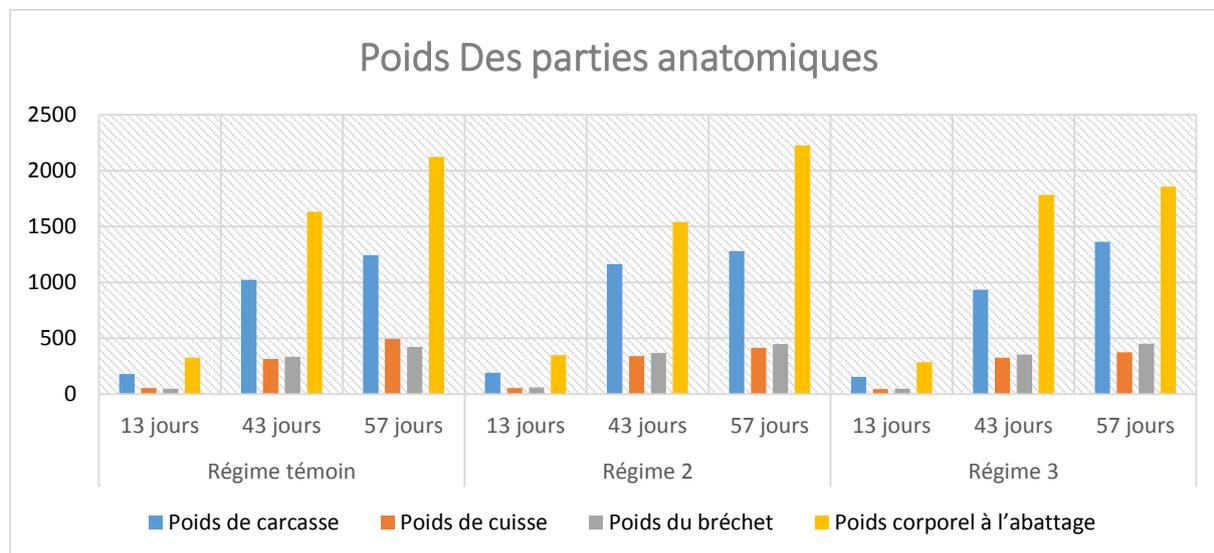


Tableau 19 : Résultats relatifs à l'évolution du poids de carcasses, du bréchet et de la cuisse (n=15).

Le poids Des parties anatomiques (g)	les régimes alimentaires			P
	Régime témoin	Régime 2	Régime 3	
Poids de carcasse				
13 jours	180,18±32,2 ^{AB}	193±10,8 ^A	154,70±18,1 ^B	S
43 jours	1024,86±280 ^A	1163±225,4 ^A	936,45±204,9 ^A	NS
57 jours	1243,6±81 ^A	1282,1±153,85 ^A	1363,4±104,49 ^A	NS
Poids de cuisse				
13 jours	56,65±16,8 ^A	56,58±5,2 ^A	48,05±6,3 ^A	NS
43 jours	317±62,9 ^A	342±71,9 ^A	328±55,6 ^A	NS
57 jours	496±98,7 ^A	415±63,9 ^A	376±52,1 ^B	S
Poids du bréchet				
13 jours	49±6,39 ^B	61,4±7,31 ^A	49,7±6,39 ^B	S
43 jours	336±43,5 ^A	371±65,23 ^A	356,8±45,12 ^A	NS
57 jours	425±54,31 ^A	449±79,95 ^A	454±101 ^A	NS

Poids corporel à l'abattage				
13 jours	326±38,79 ^{AB}	348,8±17,76 ^A	287,2±25,43 ^B	S
43 jours	1633,8±351,24 ^A	1542±226,4 ^A	1784±289,12 ^A	NS
57 jours	2123,8±260,46 ^A	2228±229,41 ^A	1858±184,14 ^B	S

P : probabilité a, b et c : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). S : significative et NS : non significative.

Régime témoin (0% orge). Régime 2 (20% orge + E). Régime 3 (20% orge sans E).

Les poids corporel moyens réalisés au niveau des trois lots présentent des différences significatives ($P < 0,05$), pour chaque phase d'élevage. Afin de savoir la cause de cette différence dans le poids corporel, nous avons pesé la carcasse, le bréchet (métabolisme glycolytique) et la cuisse (métabolisme oxydatif). La différence est marquée dans la comparaison des poids de cuisse et les meilleurs résultats ont été enregistré chez les poulets de lot 1 (496 g) et 2(415) contre 376 pour le lot 3.

6- Influence de l'incorporation de l'orge avec ou sans enzyme sur le poids des organes digestifs

Les résultats moyens de l'évolution des poids des organes digestifs avec l'âge et pour chaque régime alimentaire, sont présentés dans la figure et le tableau.

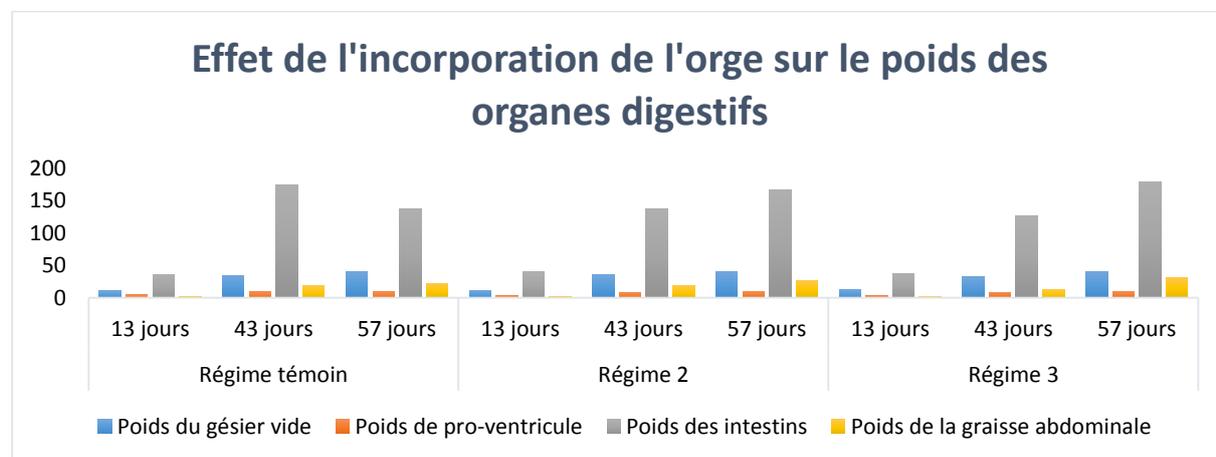


Figure 10 : Effet de l'âge sur le développement des organes digestifs.

Tableau 20 : Poids des organes digestifs au cours des différentes phases d'élevage (n=15).

Poids Des organes digestifs (g)	les régimes alimentaires			P
	Régime témoin	Régime 2	Régime 3	
Poids du gésier vide				
13 jours	10,6±1,8	11,34±1.23	12,25±2,29	Ns
43 jours	34,73±3,87	35,83±5,6	32,7±4,6	Ns

57 jours	40,57±4,49	40,15±3,9	40±4,89	Ns
Poids de pro-ventricule				
13 jours	4,47±4	2,93±0,31	3±0,46	Ns
43 jours	9,1±1,35	8,2±1,7	8,74±1,78	Ns
57 jours	9±2,27	9,4±1,3	9,25±2,62	Ns
Poids des intestins				
13 jours	36,1±1,55	40,07±3,3	37,15±8,76	Ns
43 jours	174±78,29	138,05±25,63	126,57±27,24	Ns
57 jours	137±20,79 ^B	166,6±19,43 ^A	179±10,84 ^A	S
Poids de la graisse abdominale				
13 jours	2,17±0,55	1,85±0,60	2,43±0,48	Ns
43 jours	18,45±6,15	18,47±10,70	13,05±5,68	Ns
57 jours	22,20±12,38	27,13±11,12	31,17±11,59	Ns

Il ressort de ce tableau 20, qu'il n'y a pas des différences significatives dans le poids du gésier, de pro-ventricule et de graisse abdominale. La différence est constater dans le poids des intestins, ils ont été plus lourds chez les poulets nourris avec le régime témoin en comparaison avec les poulets de lot 2 et 3, pendant la période de croissance. Ce résultat du poids des intestins est varié pendant la période de finition, on trouve que les poulets nourris avec le régime 2 et 3 ont eu un poids plus lourds d'intestin que les poulets nourris par le régime témoin. Taylor [131] arrivé à une autre conclusion, il a rapporté que l'inclusion d'orge entière à 20% dans le mélange alimentaire avant la granulation des aliments pour poulets entraînait des modifications du développement de l'intestin, telles qu'un proventricule plus petit, un gésier plus épais. De plus, l'ajout d'enzyme influence le développement des organes et du tractus digestif chez les poulets de chair alimentés avec de l'orge entière [125].

7-Effet de l'âge et les trois régimes alimentaire sur le développement des organes digestifs par rapport au poids corporelle

Dans le développement et la croissance anatomique (Figure 11), on remarque que les sujets des trois lots, ont eu une diminution continue du poids durant toutes les phases d'élevage, au niveau du tube digestif par rapporte au poids corporel.

En effet la bibliographie rapporte que dans les premiers jours qui suivent l'éclosion, le développement de l'appareil digestif est prioritaire sur le reste du corps, avec une vitesse de

croissance des organes digestifs plus rapide que celle du corps entier [126, 127], et le taux de croissance de l'appareil digestif maximal dans les 7 premiers jours après l'éclosion [128]. La bibliographie rapporte aussi, que les poids relatifs du tube digestif augmentent fortement pendant les premiers jours suivant l'éclosion, avec un pic de poids relatif situé entre 3 et 5 jours pour le proventricule, entre 5 et 8 jours pour l'intestin [127, 129, 130]. En general, la croissance allométrique des organes du tube digestif a varié avec l'âge des oiseaux. Le pourcentage de poids de l'intestin grêle a augmenté progressivement de 0 à 8 jours, puis a diminué avec l'âge, ce qui est en accord avec les travaux précédents [130]. Les poids du proventricule, du gésier et du foie sont passés de 0 à 4 jours, puis ont diminué régulièrement jusqu'à la fin de l'essai. Ces données sont cohérentes avec celles de Nitsan et al. (1991b) et Sell (1996), qui ont indiqué que le poids relatif maximal était atteint avant le 6ème jour. En outre, la hauteur et la surface des villosités augmentaient avec l'âge des poussins, les résultats en accord avec Yamuachi et Isshiki (1991), qui ont indiqué que de la surface absorbante n'atteint une structure mature que vers 20 à 30 jours. Nos résultats montrent que, le développement de l'intestin est important au niveau du lot 2 et 3 (166.6 g et 179 g ; respectivement pour R2 et R3) par rapport au régime témoin (137 g). Selon sklan, [131] pour l'intestin grêle, et selon les segments, le poids relatif est 2 à 5 fois supérieur à 8 jours par rapport à l'éclosion. Le duodénum a une croissance plus rapide que les autres segments. Après leur pic de croissance, les poids relatifs des différents organes diminuent progressivement et se stabilisent vers l'âge de 40 jours. À cet âge, les organes semblent avoir atteint leur taille relative définitive.

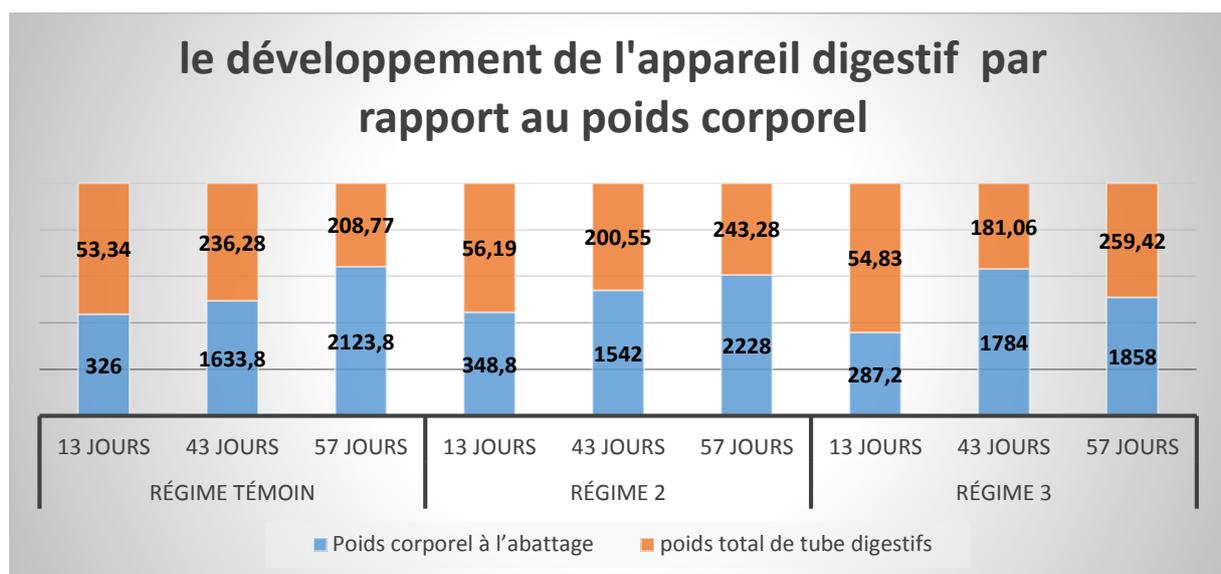


Figure 11 : Développement de l'appareil digestif par rapport au poids corporel.

D'après l'étude de Svihus, et al, le poids du gésier ainsi que celui du petit intestin par rapport au poids vif ont diminué avec une ration d'orge additionnée d'enzymes comparativement à une ration d'orge non additionnée d'enzymes [112].

D'après l'essai réalisé par viveros et al , et Brenes, et al, la longueur des portions de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléon et ceaca) ainsi que celle du pancréas et du foie furent aussi diminuées significativement en présence d'enzymes dans la ration [132, 133]. Ceci est probablement dû à une adaptation causée par la grande disponibilité et la grande digestibilité des nutriments [132].

8-Rendement de carcasse et des organes

Les figures 12 et le tableau 21 ci-dessous présentent les rendements carcasse mesurés, et les organes des trois lots à la fin de la période expérimentale.

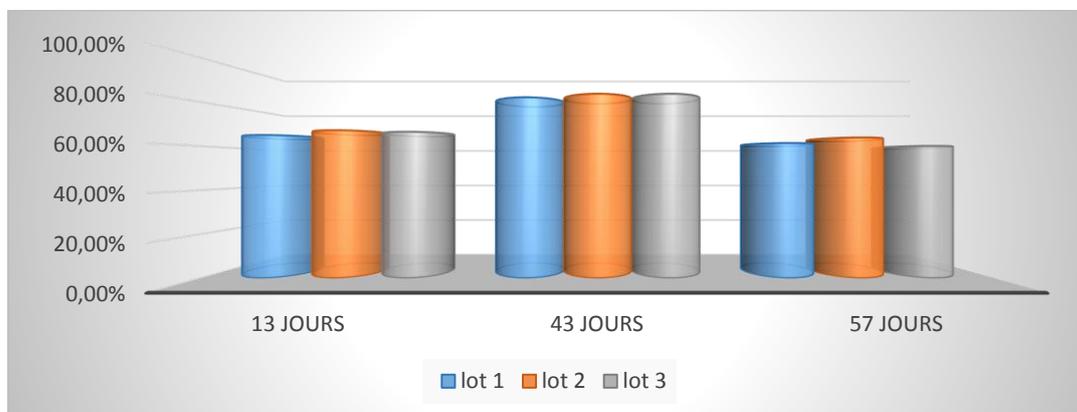


Figure 12 : Résultats comparatif de rendement de carcasse des trois lots par période d'élevage.

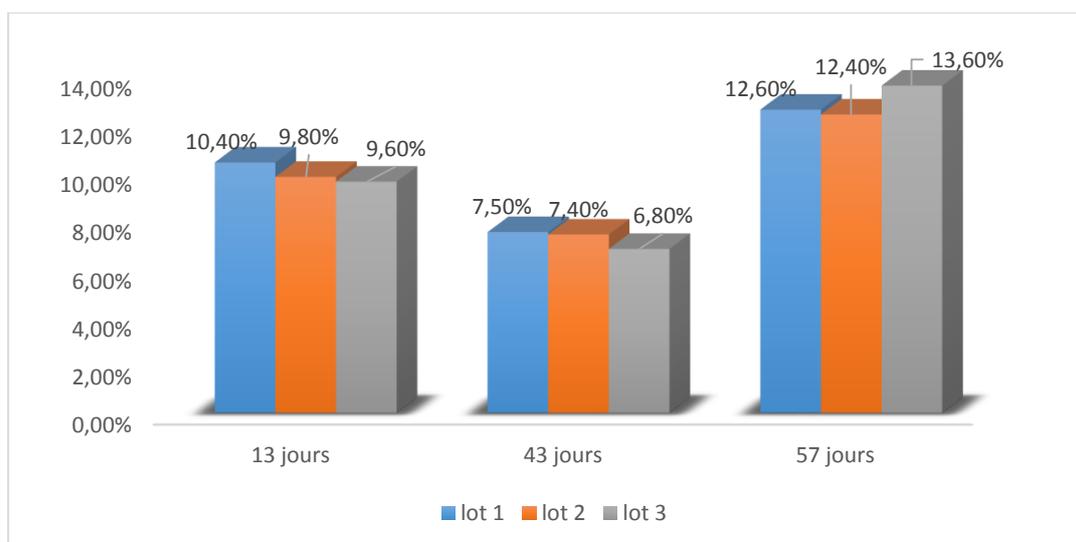


Figure 13 : Résultats comparatif rendement des organes des trois lots par période d'élevage

Tableau 21 : Rendements de la carcasse et des organes digestifs (n=15, moyennes ± SEM).

Rendement de carcasse	R 1	R2	R3	SEM	p
13 jours	65,0%	67,2%	66,5%	1,0	0,67
43 jours	82,1%	83,7%	83,7%	0,8	0,68
57 jours	61,4%	63,9%	60,1%	1,1	0,04
Rendement des organes					
13 jours	10,4%	9,80%	9,60%	0,3	0,44
43 jours	7,50%	7,40%	6,80%	0,4	0,80
57 jours	12,6%	12,4%	13,6%	0,3	0,03

P : probabilité a, b et c : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM : Erreur Moyenne Standard

R 1 : Régime témoin (0% orge). R 2 : Régime2 (20% orge + E). R 3 : Régime 3 (20% orge sans E).

Les résultats montrent que, à la fin de l'expérimentation la supplémentation de b-glucanase dans le régime alimentaire 2 modifie les caractéristiques de la carcasse des poulets : variation significative entre le lot 2 comparativement par les deux autres lots témoin et 3 ($P > 0,05$).

Il faut signaler qu'il n'y pas de différence entre les rendements de carcasse de régime témoin et de régime 3. Nous signalons que l'incorporation de 20% l'orge sans enzyme dans l'alimentation du poulet de chair influence positivement et significativement le rendement des organes des poulets de lot 3 par rapport aux poulets de lot 1 et 2 ($P < 0,05$).

A partir des figure 14, 15 et 16 nous avons constaté que le poids du foie le plus élevé (65,3 et 69,6 gr) a été respectivement signalé chez les poulets du lot « témoins » et du lot 2 comparativement au lot 3 (59 gr). Concernant les partie non consommable, l'ajout de 20% de l'orge avec ou sans enzyme à la ration des poulets diminue le poids des parties non consommées (200.19 et 175.88 gr respectivement pour le régime 2 et 3) par rapport au régime témoin (215,14 gr).

Les figure et le tableau ci-dessous présentent les poids moyen des carcasses éviscérées, de leurs abats et gras abdominal ainsi que les rendements carcasse mesurés, et histogrammes comparatifs des carcasses et des abats des trois lots à la fin de la période expérimentale.

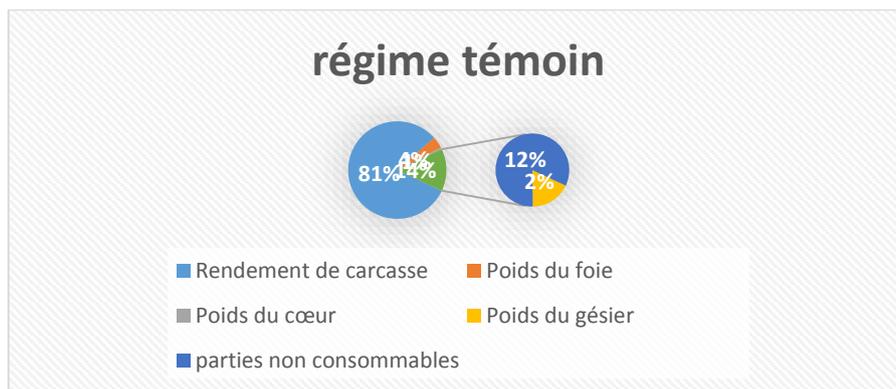


Figure 14 : Rendement carcasse et abats du régime témoin (%).

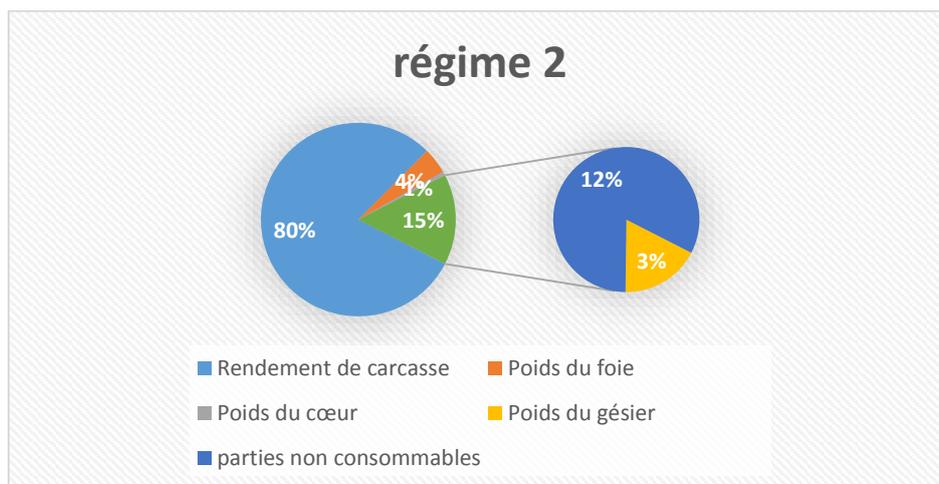


Figure 15 : Rendement carcasse et abats du régime 2 (%).

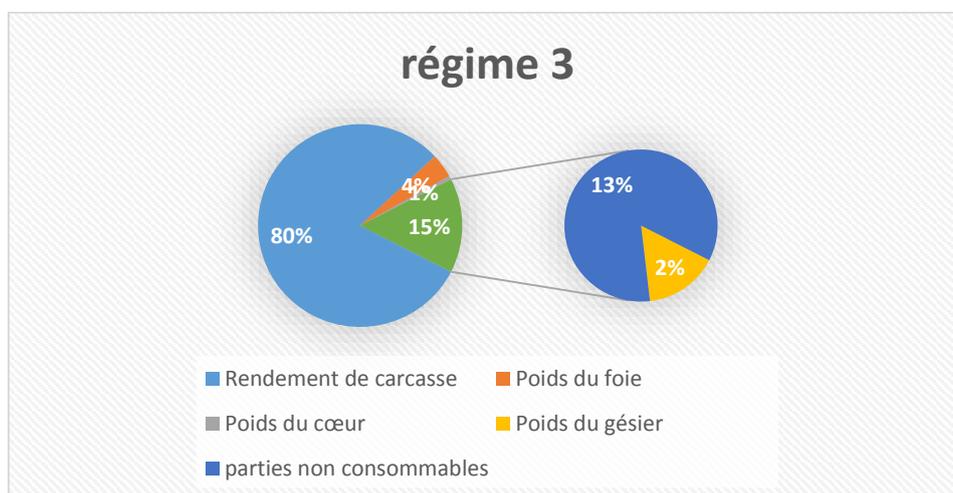


Figure 16 : Rendement carcasse et abats du régime 3 (%).

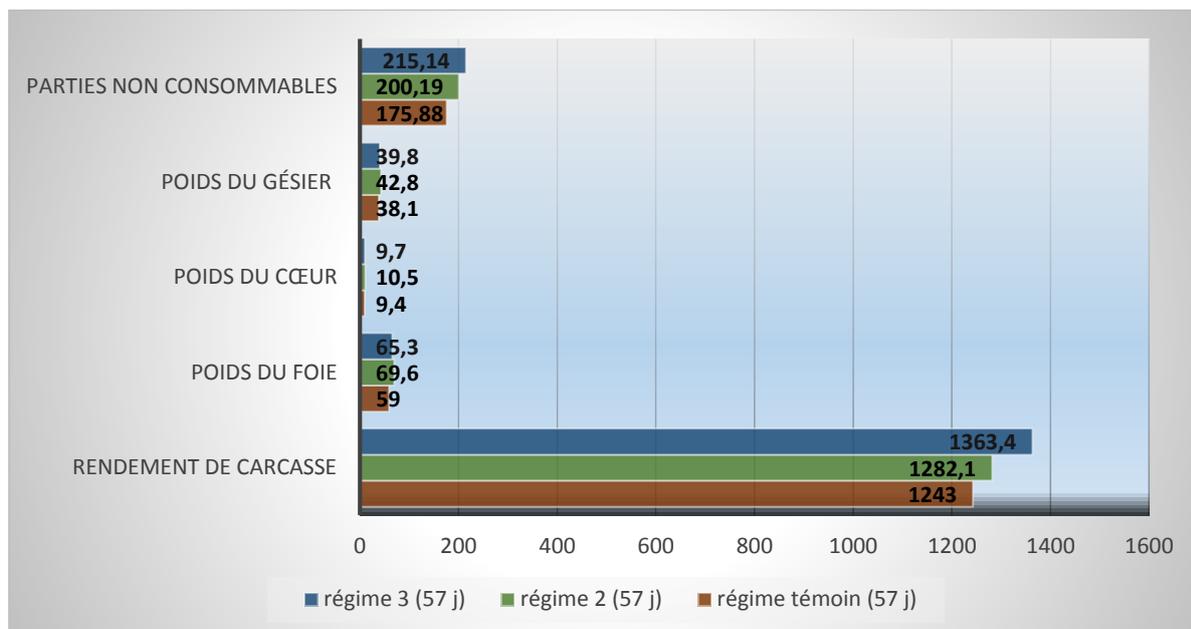


Figure 17 : Histogrammes comparatifs des poids des carcasses et des abats des trois lots à la fin de cycle d'élevage.

Gracia a été rapporté que ; l'ajout des enzymes ont affecté le poids des organes étudiés, et le poids relatif du foie a augmenté (3,74 contre 4,00% de poids corporel), le gésier (4,01 contre 32,86% de poids corporel; $P \leq 0,10$)[103]

9-Morphométrie intestinale

Les résultats moyens de la hauteur des villosités, la profondeur des cryptes, la surface et le périmètre des villosités du jéjunum à J 13, J 43 et J 57 sont présentés dans la figure 18 et le tableau 22

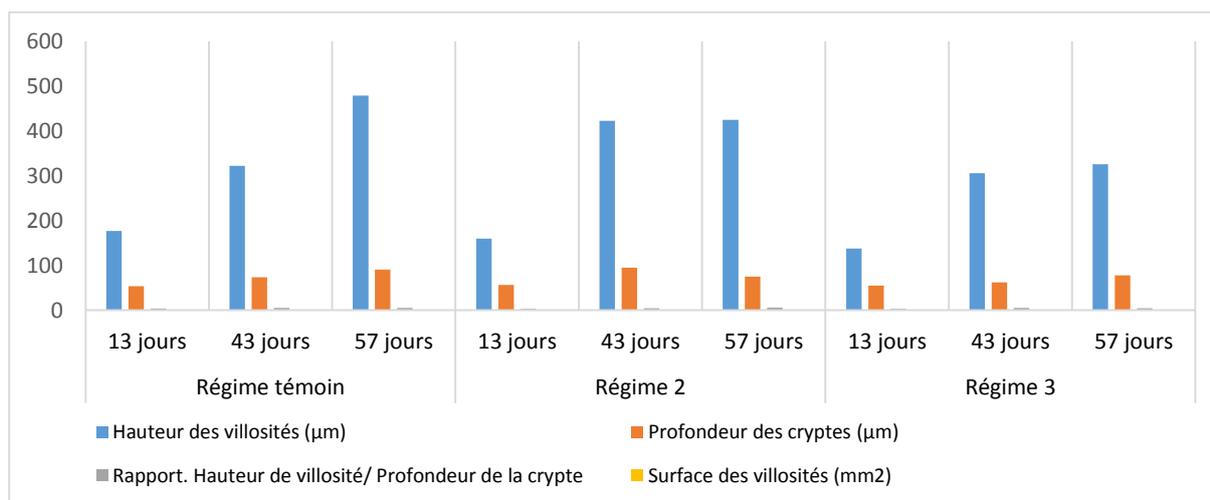


Figure 18 : Morphométrie intestinale (jéjunum).

Paramètre de morphométrie intestinale	R 1	R 2	R 3	SEM	P
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	---

Hauteur des villosités (μm)					
13 jours	177 ^a	160 ^b	138 ^c	2,66	0,00
43 jours	322 ^b	423 ^a	306 ^c	7,81	0,00
57 jours	479 ^a	425 ^b	326 ^c	7,89	0,00
Profondeur des cryptes (μm)					
13 jours	53,5 ^a	56,3 ^a	55,3 ^a	0,90	0,36
43 jours	73,6 ^a	94,8 ^a	61,8 ^b	3,12	0,00
57 jours	90,9 ^a	74,7 ^b	78,1 ^b	1,31	0,00
Surface des villosités (mm^2)					
13 jours	0,21 ^a	0,11 ^b	0,12 ^b	0,004	0,00
43 jours	0,04 ^b	0,53 ^a	0,35 ^c	0,011	0,00
57 jours	0,66 ^a	0,54 ^b	0,43 ^c	0,011	0,00
Périmètre des villosités (μm)					
13 jours	443 ^a	380 ^b	343 ^c	5,85	0,00
43 jours	694 ^b	900 ^a	646 ^b	13,3	0,00
43 jours	961 ^a	888 ^b	686 ^c	14,4	0,00
Rapport. Hauteur de villosité/ Profondeur de la crypte					
13 jours	3,40 ^a	2,94 ^b	2,66 ^b	0,06	0,00
43 jours	5,31 ^a	4,68 ^a	5,08 ^a	0,12	0,15
57 jours	5,43 ^a	5,77 ^a	4,38 ^b	0,10	0,00

P : probabilité. *a*, *b* et *c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). *SEM* : Erreur Moyenne Standard.

R 1 : Régime témoin (0% orge). R 2 : Régime 2 (20% orge + E). R 3 : Régime 3 (20% orge sans E).

Tableau 22 : Effet des régimes alimentaires sur la morphologie de l'intestin grêle (jéjunum) chez des poulets de chair.

Les observations histologiques de l'intestin grêle des poulets nourris avec les régimes 2 et 3 révèlent des variations morphologiques dans le jéjunum par rapport aux poulets nourris avec le régime témoin. Nos résultats révèlent des augmentations ($P < 0,05$) de la hauteur des villosités chez les poulets nourris avec le régime 2 par rapport au régime 3 pendant toute la période d'élevage. L'ajout de β -glucanase au régime 2 détruit la structure de la paroi cellulaire entourant les granules d'amidon d'orge, et cela permet la disponibilité de nutriments indispensable pour

la croissance et la prolifération des entérocytes des villosités. Le régime témoin a réalisé la plus haute augmentation des villosités causée par une disponibilité accrue de l'amidon.

Contrairement à la hauteur des villosités, les résultats de la profondeur des cryptes montrent qu'il n'y pas de variations significatives ($P < 0,05$) entre les régimes 2 et 3 ; or, la comparaison entre les résultats du régime témoin avec les résultats des régimes 2 et 3 montre des variations significatives ($P < 0,05$). Notons, qu'à l'âge de 13 jours la profondeur des cryptes ne présente pas de différence significative entre les trois régimes ($P = 0,36$), et à l'âge de 43 jours elle est meilleure chez les poulets des régimes témoin et 2.

En phase de démarrage, la surface des villosités des poulets nourris avec le régime 2 est comparable à celle des poulets nourris avec le régime 3, et supérieure chez les poulets nourris avec le régime témoin. Les glucanes emprisonnent l'amidon et freinent l'utilisation des nutriments nécessaires pour la croissance des villosités. Par ailleurs, la surface est supérieure en période de croissance chez les poulets nourris avec le régime 2, puis par le régime témoin, puis le régime 3. À la fin du cycle d'élevage, les résultats étaient meilleurs chez les poulets du régime témoin ; le régime 2 a montré des variations significatives ($P < 0,05$) supérieures à celles du régime 3. Ceci est dû à l'émancipation des nutriments en raison de l'ajout de β -glucanase.

Les trois régimes alimentaires donc ont modifié la structure et l'histo-morphologie de la villosité jéjunale. En effet le régime à 20% d'orge sans β -glucanase a minimisé la taille des villosités jéjunales, et ainsi minimisé l'absorption par une diminution de la surface intestinale qui a un impact négatif direct sur les performances au cours du cycle d'élevage chez les poulets en comparaison aux autres régimes.

Compte tenu du fait que la digestion chez les volailles est essentiellement intestinale, le développement très rapide de l'intestin grêle pendant les premiers jours post-éclosion s'accompagne de la croissance considérable de la muqueuse intestinale. La hauteur et la surface des villosités augmentent d'un facteur 10 entre le 14^{ème} jour d'incubation et le 7^{ème} jour après éclosion, du fait de la prolifération des entérocyte (nombre et taille) [116].

Ces résultats peuvent expliquer que le β -glucane dans le régime à 20% d'orge sans enzyme semble favoriser la prolifération des bactéries pathogènes (Campbell et al 1983) et perturber le développement normal de la paroi cellulaire intestinale. Hofshagen, [134] ont signalé que le nombre de clostridies augmentait dans l'intestin grêle lorsque l'orge était incluse dans un régime à base de blé et d'avoine.

L'ajout de β -glucanase à un régime à 20% d'orge a amélioré la hauteur des villosités et la profondeur ; cette complémentation enzymatique a provoqué des changements et des améliorations de la microflore, des conditions physiques dans le tube digestif du poulet de chair

et une diminution de la nature hygroscopique des glucanes [44] . Un tel changement est responsable de l'accroissement de la taille des villosités intestinales, et rend la surface d'absorption digestive plus importante chez les poulets [135] ce qui améliore de cette manière les performances des poulets.

10- Le taux de mortalité

Les résultats de taux de mortalité sont présentés dans la figure 19 et le tableau 23, Les mortalités sont relevées tous les jours au niveau de chaque lot durant la durée de l'élevage.

Taux de mortalité	Régime témoin	Régime 2	Régime 3
13 jours	8%	4%	12%
43 jours	0%	2%	2%
56 jours	0%	2%	2%

Tableau 23 : Résultats de taux de mortalité des régimes lots par période d'élevage

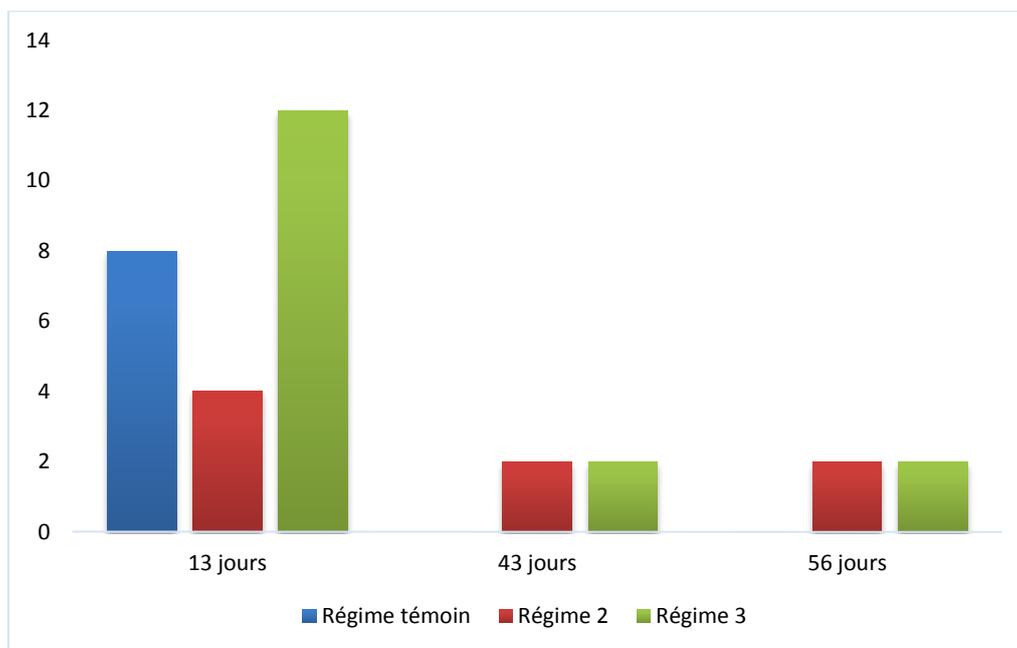


Figure 19 : histogramme représentative de taux de mortalité des régimes lots par période d'élevage.

Durant l'élevage il a été enregistré : un taux de mortalité de 8% sur l'effectif témoin et lot 2, et un taux de mortalité de 16 % pour lot 3. C'est pendant la phase de démarrage que le taux de mortalité est le plus élevé pour les trois lots, ils s'expliquent par le stress de transport et la manipulation au cours de l'installation des poussins. Le taux de mortalité est demeuré identique (2%) entre les deux lots 2 et 3 au cours de la phase de croissance et finition, et nul dans le lot témoin au cours des différentes phases d'élevages.

On peut donc affirmer que la substitution de maïs par 20% avec ou sans enzyme a influence sur le taux de mortalité des poulets durant les trois phases d'élevage.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion

L'élevage avicole demande des facteurs de production (Poussins, aliments, produits vétérinaires...), et une main d'œuvre spécialisée pour la maîtrise des techniques de l'élevage. L'alimentation représente le premier handicap pour le développement de l'aviculture, elle occupe plus de 70 % du coût de production, pour l'ensemble des aviculteurs.

L'orge peut être utilisée en tant que source énergétique de substitution du maïs dans l'alimentation, cette utilisation peut contribuer au développement et à l'économie des élevages avicoles. L'incorporation de l'orge dans la ration alimentaire des poulets produit plusieurs effets. Bien que les volailles ne disposent pas des enzymes endogènes pour permettant de digérer les β -glucanes de l'orge, des enzymes exogènes ayant une activité β -glucanase peuvent être ajoutées à l'aliment. À l'heure actuelle, il s'agit du traitement le plus courant pour les régimes à base d'orge. Notre travail consiste de faire une étude sur l'effet de l'utilisation de l'orge avec ou sans beta-glucanase dans un régime alimentaire à base de maïs-soja chez le poulet du chair.

A travers notre étude, il ressort que l'utilisation de β -glucanase dans le régime alimentaire de poussins à 20% d'orge, a montré que les effets les plus probants se font sur les performances zootechniques mais également sur les résultats de la morphométrie intestinale, entraînant une incidence économique et sanitaire favorable non négligeable. La comparabilité entre les trois lots a été vérifiée concernant le poids initial, la souche, les conditions d'élevage et les régimes alimentaires.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- Il a été mis en évidence, en faveur du lot témoins et lot 2 une différence significative pour l'évolution pondérale du poids des poussins en période de finition.
- les poussins du lot 2 ont présenté un GMQ et un I.C. améliorés par rapport au lot témoin et lot 3.
- Malgré un effet peu probant sur la qualité des carcasses en matière de graisse abdominale, poids des abats et des organes digestifs, la complémentation de β -glucanase dans le régime alimentaire à 20% d'orge a tout de même un effet sur les autres résultats zootechniques (rendement des carcasses). Les meilleurs résultats ont été enregistrés chez les poulets de lot 2.
- L'étude de la morphométrie intestinale révèle cependant que les poussins nourris avec le régime 2 ont des augmentations de la hauteur des villosités et la surface des villosités par rapport au régime 3 pendant toute la période d'élevage. Le régime témoin a réalisé la plus haute augmentation des villosités.

En effet, l'orge ajoutée d'un β -glucanase présente une meilleure source énergétique alternative du maïs, pour freiner la flambée des prix des rations alimentaires destinées à la volaille. Ceci permettrait certainement d'obtenir des animaux en meilleure forme physique et qualité susceptibles de donner les meilleures performances en matière de découpe et de qualité sanitaire pour l'homme, ce qui concilierait le profil économique et l'utilisation de l'orge comme source d'énergie alternatives au maïs dans nos élevages avicoles.

Recommandation

- L'orge supplémentée en β -glucanase peut être incluse dans l'alimentation des volailles en tant que source d'énergie.
- Les oiseaux plus âgés sont davantage en mesure d'utiliser l'orge que les jeunes poussins.
- Le niveau d'enzyme requis variera en fonction de l'âge de l'oiseau, du cultivar utilisé, des conditions de croissance, des conditions de la récolte et de la durée de stockage.
- La phytase peut être ajoutée aux régimes à base de volaille pour augmenter la disponibilité en phosphore du phytate et réduire le besoin en phosphore inorganique supplémentaire.
- Compléter les régimes à base d'orge avec de la phytase et de la β -glucanase a des effets additifs marginaux sur les régimes nutritionnels pour les poulets de chair.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

1. Alloui, N., *Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie*. Communication. Neuvièmes journées de la Recherche Avicole, Tours, France. 2011.
2. Campbell, G. and M. Bedford, *Enzyme applications for monogastric feeds: A review*. Canadian journal of animal science, 1992. **72**(3): p. 449-466.
3. Chickens, B., et al., *Fractionation of crude pentosanase (arabinoxylanase) for improvement of the nutritional value of rye diets for broiler chickens*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1989. **46**(3): p. 289-300.
4. Anselme, B., *L'aliment composé pour volailles au Sénégal: situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales*. 1987.
5. Larbier, M. and M. Leclercq, *Nutrition et alimentation des volailles*, INRA editions. 1992.
6. Buldgen, A., et al., *Aviculture semi-industrielle en climat subtropical: Guide pratique*. 1996: Presses agronomiques de Gembloux.
7. Ferrando, R., *Alimentation du poulet et de la poule pondeuse: bases et applications*. 1969.
8. Scott, M., M. Nesheim, and R. Young, *Nutrition of the chicken*. ML Scott & Ithaca, NY, 1976.
9. Dromigny, J., *Comment s' elevent aujourd'hui les poulets de chair?* Rev Elevage, 1970.
10. SURDEAU PH. et HENAFF R., *la production du poulet*. . Ed J.- B.BAILLIERE, Paris., 1979.: p. p 155.
11. LAOUER H., *Analyse des pertes du poulet de chair au centre avicole de Tazoult Mém d'ing*. INESA, Batna. , 1987: p. p105.
12. Amstutz, H., D. Anderson, and J. Armour, *Le manuel vétérinaire Merck. Deuxième édition française*. Paris: Edition d'après, 2002.
13. Baubricourt A.G, L.H., *Le maïs et les industries*. éd A.M. Métaillé ;, 1988: p. p 97.
14. Laomonier, *culture légumière et maraîchère encyclopédie agricole*, Tom II.J-B Baillière, France 257, 1979.
15. Maryse, C., *Histoire de maïs d'une divinité Amérindienne à ses avatars transgéniques*. C.T.H.S 2005: p. p 56.
16. BOUKAR, I., *COMPORTEMENT DE QUELQUES VARIETES IMPORTEES DU MAIS VIS A VIS DES CONDITIONS DU MILIEU DE LA REGION D'ADRAR*. 2017.
17. Luven, *le maïs dans la nutrition du poulet*. Rome-Italie, 1993.
18. J.C, H., *introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*. cheftel, France . , 1984 **Vol.1.**: p. p 131 , 141.
19. Henri, *cours d'agriculture moderne*. 1968: p. p 182.
20. Tanaka, *Dry matter production , yield components and grain yield of the maize plant*. J. Fac . Agric Hakkaido univ., 57 :71-132, 1972.
21. Gay, *fabuleux maïs : histoire et avenir d'une plante*. Ed. Ass. Grd. prod. Maïs, Paris, , 1984: p. p 284-286.
22. Bazerbachi, *culture du blé et de maïs en Algérie* 1973: p. p 153.
23. Benzaghrou, *situation de la culture du maïs -grain en Algérie* Mémoire d'ingénieur, Alger., 1977.
24. Djemai, *contribution à l'étude comparative de la qualité amidonnaire de quatre variétés de maïs*. thèse de CQA Tlemcen, 1990.
25. Szbaa, *contribution à l'étude de la qualité amidonnaire de trois variétés de maïs - effet de séchage* 1992.

26. Godon, *les industries de premiere transformation des céréales*. Ed. Tech.et Doc.lavoisier ,France, 1991: p. p397,399.
27. Gay, *développement et croissance chez le maïs : aspects pratiques*. Ed. Ass. Grd. prod. Mais, Paris, 1978.
28. Anonyme, *la culture du maïs, céréale, culture » Sept. n°04, Alger,*. 1977: p. p29.
29. Knudsen, K.E.B., *Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding*. Animal feed science and technology, 1997. **67**(4): p. 319-338.
30. MacLeod, L. and C. Duffus, *Temperature effects on starch granules in developing barley grains*. Journal of Cereal Science, 1988. **8**(1): p. 29-37.
31. Copeland, L., et al., *Form and functionality of starch*. Food hydrocolloids, 2009. **23**(6): p. 1527-1534.
32. Smits, C.H. and G. Annison, *Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition—towards a physiologically valid approach to their determination*. World's Poultry Science Journal, 1996. **52**(2): p. 203-221.
33. Svihus, B., A.K. Uhlen, and O.M. Harstad, *Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review*. Animal Feed Science and Technology, 2005. **122**(3-4): p. 303-320.
34. Ankrah, N., et al., *Hydrothermal and β -glucanase effects on the nutritional and physical properties of starch in normal and waxy hull-less barley*. Animal Feed Science and Technology, 1999. **81**(3-4): p. 205-219.
35. Tester, R. and W. Morrison, *Swelling and gelatinization of cereal starches. III. Some properties of waxy and normal nonwaxy barley starches*. Cereal chemistry (USA), 1992.
36. Bailey, J. and W. Whelan, *Physical properties of starch I. Relationship between iodine stain and chain length*. Journal of Biological Chemistry, 1961. **236**(4): p. 969-973.
37. Morrison, W.R., *Lipids in cereal starches: A review*. Journal of Cereal Science, 1988. **8**(1): p. 1-15.
38. Jeroch, H. and S. Dänicke, *Barley in poultry feeding: a review*. World's Poultry Science Journal, 1995. **51**(3): p. 271-291.
39. Shewry, P.R., *Wheat*. Journal of experimental botany, 2009. **60**(6): p. 1537-1553.
40. Christensen, U. and H.V. Scheller, *Regulation of (1, 3; 1, 4)- β -d-glucan synthesis in developing endosperm of barley lys mutants*. Journal of cereal science, 2012. **55**(1): p. 69-76.
41. Ufaz, S. and G. Galili, *Improving the content of essential amino acids in crop plants: goals and opportunities*. Plant Physiology, 2008. **147**(3): p. 954-961.
42. Novacek, E., C. Petersen, and A. Slinkard, *A separation on anatomical parts of barley from the by-products of barley pearling*. Cereal Chem, 1966. **43**: p. 384-391.
43. Chesson, A., *Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities*. World's Poultry Science Journal, 2001. **57**(3): p. 251-263.
44. Aastrup, S., *The effect of rain on β -glucan content in barley grains*. Carlsberg Research Communications, 1979. **44**(6): p. 381.
45. Hesselman, K. and P. Åman, *The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low-or high-viscosity*. Animal Feed Science and Technology, 1986. **15**(2): p. 83-93.
46. Hesselman, K., K. Elwinger, and S. Thomke, *Influence of increasing levels of β -glucanase on the productive value of barley diets for broiler chickens*. Animal Feed Science and Technology, 1982. **7**(4): p. 351-358.
47. Hesselman, K., et al., *The effect of β -glucanase supplementation, stage of ripeness, and storage treatment of barley in diets fed to broiler chickens*. Poultry science, 1981. **60**(12): p. 2664-2671.
48. Fuente, J., et al., *Effect of storage time and dietary enzyme on the metabolizable energy and digesta viscosity of barley-based diets for poultry*. Poultry Science, 1998. **77**(1): p. 90-97.

49. MacLean, J., A. Webster, and D. Anderson, *Effect of 2-row or 6-row barley and a commercial enzyme preparation on growing-finishing broiler chickens from 3 to 6 weeks of age*. Canadian Journal of Animal Science, 1994. **74**(3): p. 511-517.
50. MacGregor, A. and G. Fincher, *Barley: Chemistry and Technology*, edited by AW MacGregor & RS Bhatti. St Paul, USA: American Association of Cereal Chemists, 1993: p. 73-130.
51. NEWMAN, R.K. and C.W. NEWMAN, *Nutritive value of a new hull-less barley cultivar in broiler chick diets*. Poultry science, 1988. **67**(11): p. 1573-1579.
52. Svihus, B., R. Newman, and C. Newman, *Effect of soaking, germination, and enzyme treatment of whole barley on nutritional value and digestive tract parameters of broiler chickens*. British Poultry Science, 1997. **38**(4): p. 390-396.
53. Sabelli, P.A. and B.A. Larkins, *The development of endosperm in grasses*. Plant physiology, 2009. **149**(1): p. 14-26.
54. Shewry, P.R. and N.G. Halford, *Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization*. Journal of experimental botany, 2002. **53**(370): p. 947-958.
55. Shewry, P.R. and A.S. Tatham, *The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution*. Biochemical journal, 1990. **267**(1): p. 1.
56. Beghoul, S., *Effets de l'utilisation des cereales et des proteagineux autres que le maïs et le soja dans l'alimentation du poulet de chair*.
57. Lázaro, R., et al., *Effect of enzyme addition to wheat-, barley-and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens*. British poultry science, 2003. **44**(2): p. 256-265.
58. Rand, N., D. Cier, and S. Viola. *Israeli experience with full fat soybeans*. in *En 2 nd International Fullfat Soya Conference*. American Soybean Association. Budapest, Hongrie. pp. 1996.
59. Drogoul, C. and R. Gadoud, *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage*. Vol. 2. 2004: Educagri Editions.
60. Zitari, S., *Étude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux*. Université de Sousse, Master, 2008.
61. Lessire, M., B. Leclercq, and L. Conan, *Variabilité de la valeur énergétique de la graine de soja traitée pour les volailles*. INRA Productions animales, 1988. **1**(4): p. 265-270.
62. QUINSAC, A., et al., *La trituration très impliquée dans la qualité des tourteaux et des huiles*. Oléoscope, 2005(82): p. 16-19.
63. Azman, M., V. Konar, and P. Seven, *Effects of different dietary fat sources on growth performances and carcass fatty acid composition of broiler chickens*. Revue de médecine vétérinaire, 2004. **155**(5): p. 278-286.
64. Tacher, G., C. Landry, and R. Quéval, *Valeur alimentaire pour le poussin et le poulet de chair du tourteau de coton sans gossypol*. 1971.
65. Angulo-Chacon, I., *Ressources nutritionnelles locales dans un pays tropical*. Revue de l'alimentation animale, 1986. **395**: p. 41-48.
66. Sauvant, D., *TABLE DE COMPOSITION ET DE VALEUR NUTRITIVE DES MATIERES PREMIERES DESTINEES AUX ANIMAUX DELEVAGE*. 2004.
67. Lessire, M., et al., *Metabolizable energy and protein value of new expeller rapeseed meals: comparison between adult cockerels and young chickens*. World Poultry Science Association (WPSA), Proceedings of the 8th Avian French Research Days, St Malo, France, 25-26 March 2009, 2009.
68. Franck, Y., *alimentation rationnelle des poulets de chair et des pondeuses*. 1977.
69. Sakande, S., *Contribution à l'étude de l'influence des apports en protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (Numida meleagris) et du poulet de chair (Gallus domesticus)*. 1993, Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine
70. Scott, M., M. Nesheim, and R. Young, *Feedstuffs for poultry*. Nutrition of the Chicken, 2nd edn. ML Scott and Associates, Ithaca, NY, 1976: p. 428-466.

71. Gadoud, R., et al., *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage*. Foucher-INRA, Paris, France, 1992.
72. Flores Pérez, C., *Improving performance of sheep using fibrolytic enzymes in dairy ewes and malate in fattening lambs Mejora de la producción de ganado ovino mediante el uso de enzimas fibrolíticas en ovejas lecheras y malato en corderos de engorde*. 2004.
73. Choct, M., *Alternatives to in-feed antibiotics in monogastric animal industry*. ASA Technical Bulletin. AN30, 2001: p. 1-6.
74. Gauthier, R., *Le mode d'action des acidifiants et leur intérêt en engraissement*. Actualités en production porcine. Pathologie digestive en engraissement/Maladie d'amaigrissement du porcelet/Immunité–Vaccination. Association Française De Médecine Vétérinaire Porcine (AFMVP), 2002: p. 1-17.
75. Canibe, N., R.M. Engberg, and B.B. Jensen. *An overview of the effect of organic acids on gut flora and gut health*. in *An overview of the effect of organic acids on gut flora and gut health*. 2001.
76. Gibson, G.R. and M.B. Roberfroid, *Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics*. The Journal of nutrition, 1995. **125**(6): p. 1401-1412.
77. Piva, G. and F. Rossi, *Possible alternatives to the use of antibiotics as growth promoters. New additives*. Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Opt. Mediter, 1999. **37**: p. 83-106.
78. Schrezenmeir, J. and M. de Vrese, *Probiotics, prebiotics, and synbiotics—approaching a definition*. The American journal of clinical nutrition, 2001. **73**(2): p. 361s-364s.
79. Cummings, J.H. and S.C. Kong. *Probiotics, prebiotics and antibiotics in inflammatory bowel disease*. in *Novartis Foundation symposium*. 2004. Wiley Online Library.
80. Šušković, J., et al., *Role of lactic acid bacteria and bifidobacteria in synbiotic effect*. Food technology and biotechnology, 2001. **39**(3): p. 227-235.
81. Ferket, P., C. Parks, and J. Grimes. *Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry*. in *Multi-State Poultry Meeting*. 2002. Citeseer.
82. Fooks, L. and G.R. Gibson, *Probiotics as modulators of the gut flora*. British Journal of Nutrition, 2002. **88**(S1): p. s39-s49.
83. Gibson, G.R., et al., *Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics*. Nutrition research reviews, 2004. **17**(2): p. 259-275.
84. Van Immerseel, F., et al., *Feed additives to control Salmonella in poultry*. World's Poultry Science Journal, 2002. **58**(4): p. 501-513.
85. Mallet, S., et al., *INFLUENCE DE DIFFERENTES COMPOSITIONS ALIMENTAIRES SUR LA MICROFLORE INTESTINALE DU POULET DE CHAIR*.
86. Zhang, Z., R. Marquardt, and W. Guenter, *Evaluating the efficacy of enzyme preparations and predicting the performance of leghorn chicks fed rye-based diets with a dietary viscosity assay*. Poultry science, 2000. **79**(8): p. 1158-1167.
87. Revington, B. *Feeding poultry in the post-antibiotic era*. 2002. MULTI-STATE POULTRY MEETING.
88. Grajek, W., A. Olejnik, and A. Sip, *Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods*. ACTA BIOCHIMICA POLONICA-ENGLISH EDITION-, 2005. **52**(3): p. 665.
89. Doyle, M., *Alternatives to Antibiotic Use for Growth Promotion in Animal Husbandry. A Review of the Scientific Literature*. Madison, Wisconsin: Food Reserch Institute, 2001.
90. Bedford, M.R., *The effect of enzymes on digestion*. Journal of Applied Poultry Research, 1996. **5**(4): p. 370-378.
91. Annison, G. and M. Choct, *Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects*. World's Poultry Science Journal, 1991. **47**(3): p. 232-242.
92. Chesson, A., *Feed enzymes*. Animal feed science and technology, 1993. **45**(1): p. 65-79.

93. Nahas, J. and M. Lefrancois, *Effects of feeding locally grown whole barley with or without enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcass traits*. Poultry Science, 2001. **80**(2): p. 195-202.
94. Fry, R.E., et al., *Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains for poults*. Poultry Science, 1958. **37**(2): p. 372-375.
95. Arscott, G.H., R. Rose, and J. Harper, *An apparent inhibitor in barley influencing efficiency of utilization by chicks*. Poultry Science, 1960. **39**(2): p. 268-270.
96. Arscott, G. and R. Rose, *Use of Barley in High-Efficiency Broiler Rations: 4. Influence of Amylolytic Enzymes on Efficiency of Utilization, Water Consumption and Litter Condition*. Poultry Science, 1960. **39**(1): p. 93-95.
97. Willingham, H.E., L.S. Jensen, and J. McGinnis, *Studies on the role of enzyme supplements and water treatment for improving the nutritional value of barley*. Poultry Science, 1959. **38**(3): p. 539-544.
98. Lepkovsky, S. and F. Furuta, *The effect of water treatment of feeds upon the nutritional values of feeds*. Poultry Science, 1960. **39**(2): p. 394-398.
99. Arscott, G., *Use of Barley in High-Efficiency Broiler Rations: 6. Influence of Small Amounts of Corn on Improvement of Barley*. Poultry Science, 1963. **42**(2): p. 301-304.
100. Leong, K.C., L.S. Jensen, and J. McGinnis, *Effect of water treatment and enzyme supplementation on the metabolizable energy of barley*. Poultry Science, 1962. **41**(1): p. 36-39.
101. Adams, O.L. and E.C. Naber, *Effect of Physical and Chemical Treatment of Grains on Growth of and Feed Utilization by the Chick: 1. The Effect of Water and Acid Treatments of Corn, Wheat, Barley and Expanded or Germinated Grains on Chick Performance*. Poultry science, 1969. **48**(3): p. 853-858.
102. Moss, B., R. Hari, and C. Newman, *Effects of water treatment on feeding value of grains for Coturnix quail*. Poultry Science, 1982. **61**(2): p. 399-402.
103. Gracia, M., et al., *Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers*. Poultry science, 2003. **82**(8): p. 1281-1291.
104. Pettersson, D., H. Graham, and P. Åman, *The nutritive value for broiler chickens of pelleting and enzyme supplementation of a diet containing barley, wheat and rye*. Animal Feed Science and Technology, 1991. **33**(1-2): p. 1-14.
105. Arscott, G., W. McCluskey, and J. Parker, *The Use of Barley in High-Efficiency Broiler Rations: 2. Effect of Stabilized Animal Fat and Pelleting on Efficiency of Feed Utilization and Water Consumption*. Poultry Science, 1958. **37**(1): p. 117-123.
106. FERKET, P., *Feeding turkey poults for health and performance*. Lohmann Information, 1997(20): p. 11-17.
107. Viveros, A., et al., *Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers*. Animal Feed Science and Technology, 1994. **48**(3-4): p. 237-251.
108. Shakouri, M., et al., *Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2009. **93**(5): p. 647-658.
109. Fuente, J., P. Pérez, and M. Villamide, *Effect of dietary enzyme on the metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages*. Animal Feed Science and Technology, 1995. **56**(1-2): p. 45-53.
110. Hetland, H., B. Svihus, and V. Olaisen, *Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens*. British poultry science, 2002. **43**(3): p. 416-423.
111. Jones, G. and R. Taylor, *The incorporation of whole grain into pelleted broiler chicken diets: production and physiological responses*. British poultry science, 2001. **42**(4): p. 477-483.

112. Svihus, B., et al., *Comparison of performance and intestinal characteristics of broiler chickens fed on diets containing whole, rolled or ground barley*. British Poultry Science, 1997. **38**(5): p. 524-529.
113. Bergh, M., A. Razdan, and P. Åman, *Nutritional influence of broiler chicken diets based on covered normal, waxy and high amylose barleys with or without enzyme supplementation*. Animal Feed Science and Technology, 1999. **78**(3-4): p. 215-226.
114. Edney, M., G. Campbell, and H. Classen, *The effect of β -glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oat groats or wheat*. Animal Feed Science and Technology, 1989. **25**(1-2): p. 193-200.
115. Martoja, R. and M. Martoja-Pierson, *Initiation aux techniques de l'histologie animale*. 1967.
116. Uni, Z., S. Ganot, and D. Sklan, *Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine*. Poultry Science, 1998. **77**(1): p. 75-82.
117. Jensen, L.S., et al., *Improvement in the nutritional value of barley for chicks by enzyme supplementation*. Poultry science, 1957. **36**(4): p. 919-921.
118. Brufau, J., et al., *Effect of Trichoderma viride enzymes in pelleted broiler diets based on barley*. Animal feed science and technology, 1991. **34**(3-4): p. 193-202.
119. Cantor, A., et al. *Influence of β -glucanase Allzyme on performance of broiler chicks fed barley-based diets*. in *Biotechnology in the Feed Industry: Proc. Alltech's 5th Annual Symposium*. TP Lyon, ed. Alltech Technical Publication, Nicholasville, KY. 1989.
120. Boldaji, F., et al., *Apparent, true and nitrogen-corrected metabolizable energy values of different varieties of triticale, wheat and barley in poultry*. Nutrition reports international (USA), 1986.
121. Elwinger, K. and B. Säterby, *The use of beta-glucanase in practical broiler diets containing barley or oats. Effect of enzyme level, type and quality of grain*. Swedish Journal of Agricultural Research (Sweden), 1987.
122. Rose, S. and F. Njeru, *Effect of enzyme supplementation of cereals on the diet selection of choice-fed broilers*. British Poultry Science, 1989. **30**: p. 975-976.
123. Friesen, O., et al., *The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick*. Poultry Science, 1992. **71**(10): p. 1710-1721.
124. Svihus, B. and C. Newman. *Enzyme application to unprocessed whole barley diets increases the nutritional value for broiler chickens due to higher digestibility of nutrients*. in *FASEB JOURNAL*. 1996. FEDERATION AMER SOC EXP BIOL 9650 ROCKVILLE PIKE, BETHESDA, MD 20814-3998.
125. Brenes, A., et al., *Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat-and barley-based diets*. Poultry Science, 1993. **72**(9): p. 1731-1739.
126. Sell, J., et al., *Developmental patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys*. Poultry Science, 1991. **70**(5): p. 1200-1205.
127. Nir, I., Nitsan Z Mahgna M. *Comparative growth and development of digestive organs and of some enzymes in broiler and egg-type chicks*. Poult. Sci, 1993. **34**: p. 523-532.
128. Shanawany, M., *Body weight in relation to the development of the gastrointestinal tract in broilers*. Archiv fuer Gefluegelkunde (Germany), 1994.
129. Dror, Y., I. Nir, and Z. Nitsan, *The relative growth of internal organs in light and heavy breeds*. British Poultry Science, 1977. **18**(4): p. 493-496.
130. Nitsan, Z., et al., *Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching*. British poultry science, 1991. **32**(3): p. 515-523.
131. Sklan, D. and Y. Noy, *Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks*. Poultry Science, 2000. **79**(9): p. 1306-1310.
132. Brenes, A., et al., *Effect of β -glucanase/pentosanase enzyme supplementation on the performance of chickens and laying hens fed wheat, barley, naked oats and rye diets*. Canadian Journal of Animal Science, 1993. **73**(4): p. 941-951.

133. Viveros, A., et al., *Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers*. *Animal Feed Science and Technology*, 1994. **48**(3): p. 237-251.
134. HOFSHAGEN, M. and M. KALDHUSDAL, *Barley inclusion and avoparcin supplementation in broiler diets. 1. Effect on small intestinal bacterial flora and performance*. *Poultry Science*, 1992. **71**(6): p. 959-969.
135. Caspary, W.F., *Physiology and pathophysiology of intestinal absorption*. 1992, Oxford University Press.

Annexes

Annexes

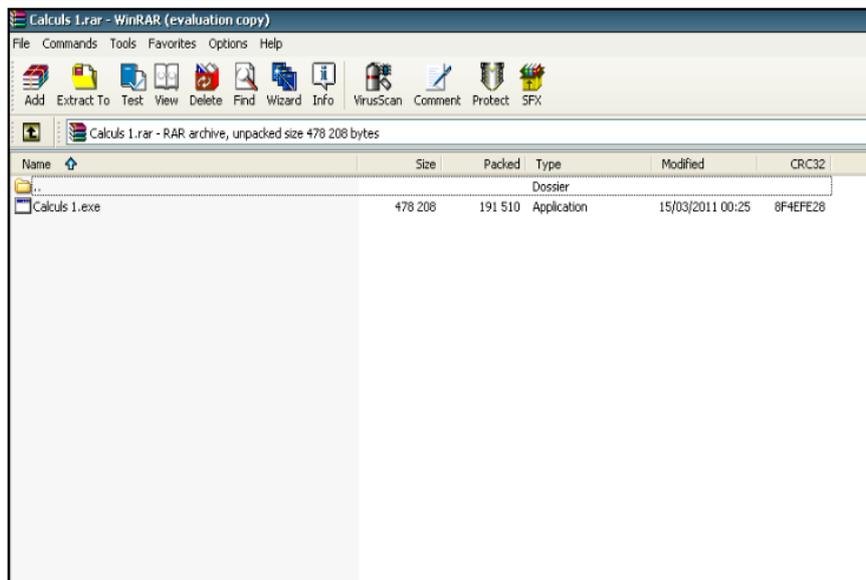
1-Logiciel de calcul de l'énergie métabolisable et de protéines brutes

L'objectif de logiciel a été de mieux comprendre comment le poulet nourri en alimentation adapte son ingestion, en fonction du temps et des caractéristiques énergétique et protéiques des aliments. Une base de donnée a été créé dans laquelle nous avons insérée les valeurs énergétiques en Kcal/kg et celles des protéines brutes en (%) de certaines matières premières utilisées dans la fabrication des aliments des volailles en Algérie, tel que le maïs, les tourteaux de Soja et le son de blé et d'autres font l'objet d'étude qui est l'orge.

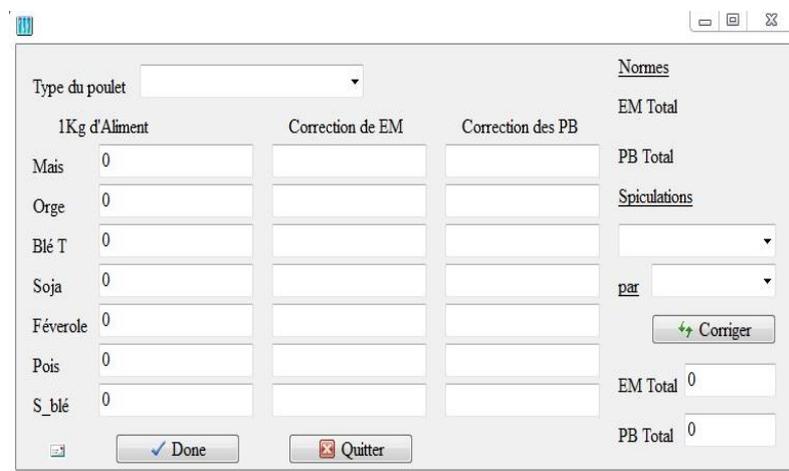
Les régimes alimentaires ont été formules et testé à l'aide des logicielles afin d'évaluer la valeur énergétique de ces régimes.

Les étapes de l'application du logiciel

Décompresser le fichier



Ouvrir « calcul.exe »



The screenshot shows the 'calcul.exe' application interface. It features a dropdown menu for 'Type du poulet'. Below this, there are three columns of input fields: '1Kg d'Aliment', 'Correction de EM', and 'Correction des PB'. The rows are labeled 'Mais', 'Orge', 'Blé T', 'Soja', 'Féverole', 'Pois', and 'S_blé', each with a '0' in the first column. On the right side, there are sections for 'Normes' (EM Total, PB Total), 'Spiculations' (a dropdown menu), and 'par' (a dropdown menu). A 'Corriger' button is located below the 'Spiculations' section. At the bottom, there are 'Done' and 'Quitter' buttons. The 'EM Total' and 'PB Total' fields show a value of '0'.

Le choix de type du poulet ainsi que la phase d'élevage

Dans cet exemple nous avons choisis le poulet de chair comme étant la spéculation, et l'aliment qui va être formulé celui de la phase de démarrage.

1Kg d'Aliment			Correction de EM	Correction des PB	Normes
Mais	0				EM Total 2850 KCal
Orge	0				PB Total 21 %
Blé T	0				Spiculations
Soja	0				par
Féverole	0				Corriger
Pois	0				EM Total 0
S_blé	0				PB Total 0

Après avoir choisi « la spéculation » à partir de cette rubrique, les besoins recommandés en matières d'énergie métabolisable (kcal) et de protéines brutes (%) pour le poulet de chair en phase de démarrage s'affichent à droite, en haut (flèche rouge pour l'énergie et bleu pour la protéine)

Analyse de la formule alimentaire, l'exemple de régime témoin de notre expérimentation

Si nous voulons analyser la formule de démarrage de régime témoin, il suffit d'insérer les taux d'incorporation des matières premières ; le maïs, le tourteau de soja et le son de blé (les flèches rouges) dans la rubrique « Aliment ».

En cliquant sur « Done », les valeurs de l'énergie métabolisable et des protéines brutes de ce régime testé s'affichent directement à droite en bas (flèche bleu).

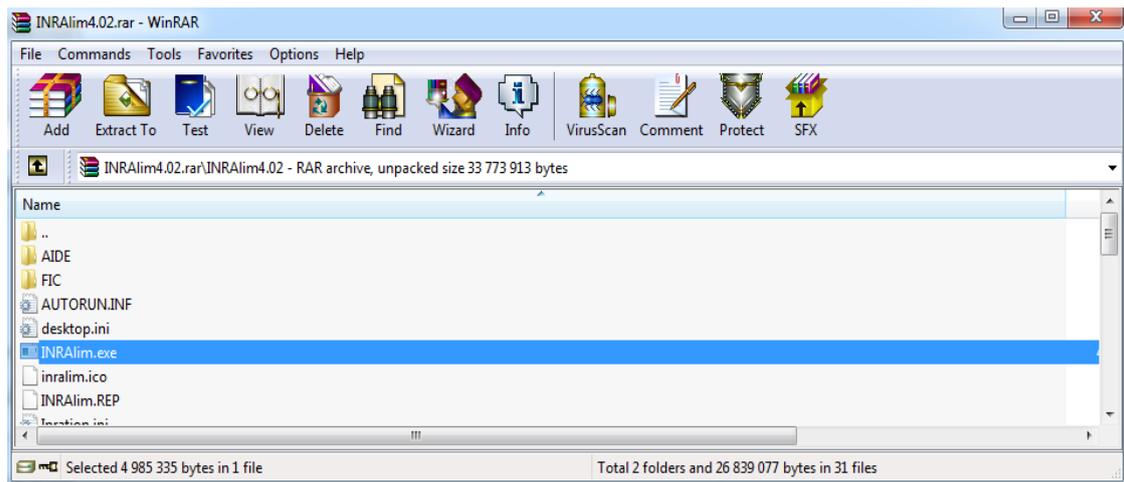
1Kg d'Aliment			Correction de EM	Correction des PB	Normes
Mais	0,6073				EM Total 2890,601
Orge	0				PB Total 21,09446
Blé T	0				Spiculations
Soja	0,320				par
Féverole	0				Corriger
Pois	0				EM Total 2890,601
S_blé	0,04				PB Total 21,09446

En conclusion, ce logiciel nous a permis de constater que ce régime est quasi équilibrée, en comparant les normes recommandées avec les résultats de l'analyse. Ce régime de type « démarrage poulet de chair » présente un sur plus très négligeable en EM (+40.60 Kcal) et une en PB (0.09 %).

INRAlim 4.02

Les étapes de l'application du logiciel

Décompresser le fichier et ouvrir INRAlim.exe



Consultation de la table INRA des aliments



Après avoir choisi menu, nous avons choisis consulter les alimentes

Les informations sur les propriétés de l'orge ou les autres matières premières ont ensuite été extraites, et Avec l'aide de règle de trois nous calculons l'énergie métabolisable et la protéine brute. Exp $EM = 20\% \text{ d'orge} * 2957 \text{ kcal} / 100\% = 591,4 \text{ kcal}$. Presque le même résultat obtenu en utilisant le programme précédant avec une valeur d'EM= 610 kcal

2-L'analyse physico-chimique des régimes alimentaire

Le matériel utilisé, les Résultats, et les bulletins de l'analyse physico-chimique



Figure 20 : Etuve et dessiccateur utilisée dans la méthode thermogravimétrique.



Figure 21 : Four à moufle, réglable jusqu'à 550 °C dosage des cendres.

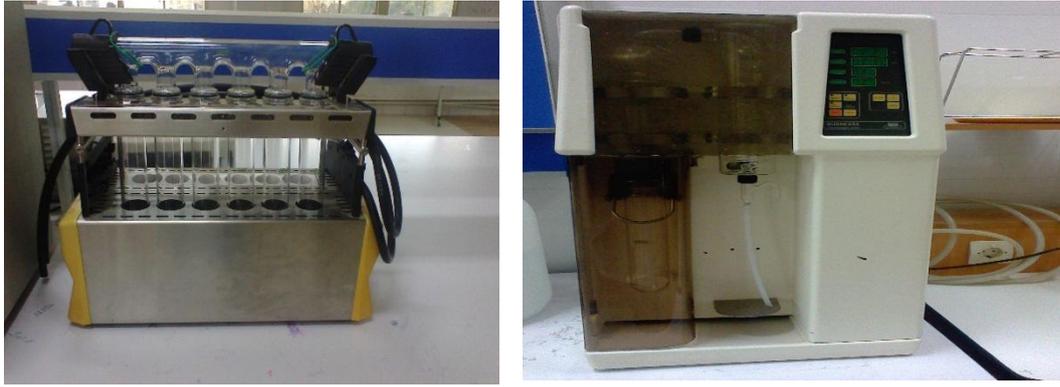


Figure 22 : Appareillage utilisée pour le dosage de matière azoté selon la méthode de KJELDAHL.

Bulletin de l'analyse physico-chimique des trois regimes alimentair

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre2007

Date : 28/12/2015

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair finition lot 2 Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	10,84	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	5,9	ISO 5984- 1978		
Proteine	18,11	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire


DIRECTION
LABORATOIRE
Directeur Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

Date : 28/12/2015

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair démarrage lot 2 Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	14,38	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	6,9	ISO 5984- 1978		
Proteine	20,68	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire


Directeur Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

Date : 28/12/2015

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair démarrage lot 1				
Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat				
Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	11,05	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	6,19	ISO 5984- 1978		
Proteine	19,69	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire

Director Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

PE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Date : 28/12/2015

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

° 116 DU 27 Novembre 2007

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair démarrage lot 3				
Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat				
Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Paramètre de l'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	13,34	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	6,08	ISO 5984- 1978		
Proteine	19,16	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire

Stamp: DIRECTION LABORATOIRE
مدير وحدة المختبر
Directeur Unité Laboratoire
Ramel ROULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH**Unité Laboratoire**

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

Date : 28/12/2015

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair croissance lot 1				
Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat				
Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	11,07	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	5,93	ISO 5984- 1978		
Proteine	19,26	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire



DIRECTION
LABORATOIRE
Directeur Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Date : 28/12/2015

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair croissance lot 2				
Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat				
Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	13,70	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	4,74	ISO 5984- 1978		
Proteine	19,47	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire


Kamel ROULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Date : 28/12/2015

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

BULLETIN D'ANALYSE :

Echantillon : Aliment Poulet chair croissance lot 3 Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	13,21	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	5,87	ISO 5984- 1978		
Proteine	17,51	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire

Direction
LABORATOIRE
Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

PE Prémix EST EL HARROUCH
Unité Laboratoire

Date : 28/12/2015

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce
n° 116 DU 27 Novembre 2007

BULLETIN D'ANALYSE :

Échantillon : Aliment Poulet chair finition lot 1				
Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat				
Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Paramètre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	11,16	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	5,86	ISO 5984- 1978		
Proteine	18,38	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire


DIRECTION
LABORATOIRE
Director Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

EPE Prémix EST EL HARROUCH

Unité Laboratoire

Autorisation d'exploitation Ministère du commerce

N° 116 DU 27 Novembre 2007

Date : 28/12/2015

BULLETIN D'ANALYSE :

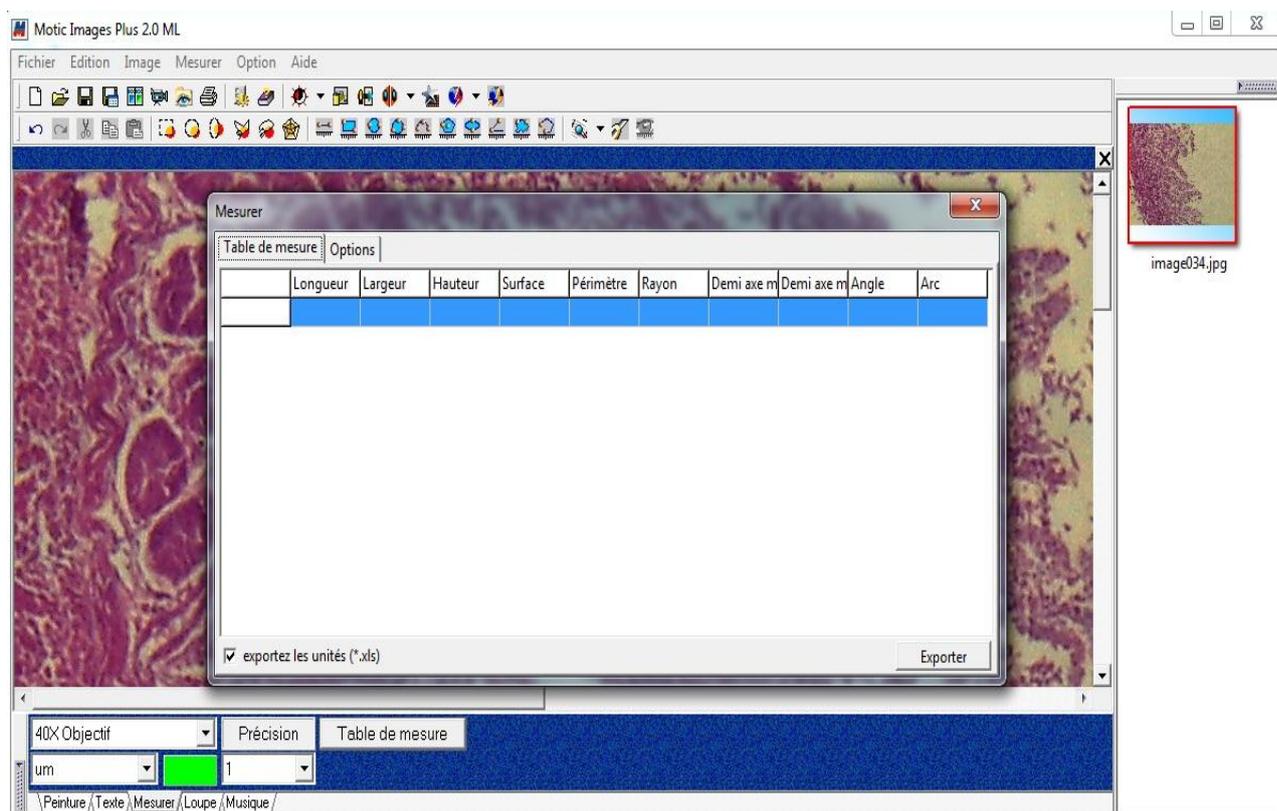
Echantillon : Aliment Poulet chair finition lot 2 Aliment : fabriqué et préparé par ahmed laloui hamza dans le cadre de préparation de thèse de doctorat Analyse : effectuée par l'étudiant lui-même et avec l'assistance des techniciens du laboratoire				
Parametre d'analyse	Resultats %	Norme de la méthode d'analyse	Spécifications techniques du produit	Emargement responsable sect: physi .chim
Humidité	10,84	ISO 6496 -1983		
Cendre Brute	5,9	ISO 5984- 1978		
Proteine	18,11	CAQUE N°07.96.06		
Observation :				

le Directeur laboratoire


DIRECTION
LABORATOIRE
Directeur Unité Laboratoire
Kamel BOULEZAZ

3-Morphométrie intestinale

Un logiciel d'analyse d'images Motic 2.0 ML a été utilisé pour une étude de l'histométrique intestinale (la hauteur des villosités, la profondeur des cryptes, la surface et le périmètre des villosités)



4-L'analyse statistique

Les données ont été analysées selon la procédure du modèle linéaire général (MLG) pour l'ANOVA (logicielle Minitab® 16.1.0).

Exemple de l'analyse statistique

One-way ANOVA : poids de cœur versus regime non significative

```
Source  DF    SS    MS    F    P
regim   2    1,83  0,91  0,29  0,757
Error  12   38,39  3,20
Total   14   40,22
S = 1,789    R-Sq = 4,54%    R-Sq(adj) = 0,00%
Grouping Information Using Tukey Method
regim  N    Mean  Grouping
2      5    9,534  A
3      5    8,866  A
1      5    8,738  A
```

One-way ANOVA : Poids du gésier vide versus régime non significative

```
Source  DF    SS    MS    F    P
regim   2    57,8  28,9  1,91  0,190
Error  12   181,0  15,1
Total   14   238,8
S = 3,884    R-Sq = 24,19%    R-Sq(adj) = 11,56%
```

```
Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N    Mean  StDev  +-----+-----+-----+
1      5    38,108  2,860  (------*-----)
2      5    42,844  3,342  (------*-----)
3      5    39,764  5,090  (------*-----)
+-----+-----+-----+
35,0      38,5      42,0      45,5
```

Grouping Information Using Tukey Method

```
regime  N    Mean  Grouping
2      5    42,844  A
3      5    39,764  A
1      5    38,108  A
```

ARTICLE

Impact de l'introduction d'orge avec ou sans enzyme dans un régime alimentaire à base de maïs et soja chez des poulets de chair

H Ahmed Laloui^{1,2}, D Khelef¹ et K Ait-Oudhia¹

¹ Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire : Rue Issad Abbes, Oued Smar, Alger, Algérie.
Laboratoire HASAQ "Hygiène Alimentaire et Système Assurance Qualité"

hamzavet21@gmail.com

² Laboratoire de Biotechnologie Animale, Division Biotechnologie Agriculture, Centre de Recherche en Biotechnologie (C.R.Bt), Ali Mendjeli, Nouvelle Ville UV 03, BP E73, Constantine, Algérie

Livestock Research for Rural Development 31 (3) 2019 www.lrrd.org/lrrd31/3/hamza31041.html

Résumé

Afin de déterminer les effets de l'incorporation de 20% d'orge broyée, avec ou sans enzyme (β -glucanase) (E ; 50 g / t d'aliment) sur les performances du poulet de chair, 150 poussins âgés d'un jour ont été répartis en 3 lots de 50 sujets chacun, de poids homogène, comprenant 5 répétitions de 10 poulets. Ces poulets ont été alimentés avec trois rations à base de maïs-soja contenant : 0% d'orge (régime 1 ; R1 témoin), 20% d'orge + E (régime 2 ; R2), et 20% d'orge sans E (régime 3 ; R3), pour la période d'élevage. Les résultats de l'expérience ont montré l'effet négatif de l'orge sans E sur les performances zootechniques du poulet, et que l'addition de β -glucanase permet d'améliorer ($P < 0,05$) le gain de poids (84,6 g vs 63,5g) et l'indice de consommation (2,4 vs 2,7), avec une consommation alimentaire totale de 4,99 kg vs 4,73 kg. Les performances du régime 2 ont été similaires à celles enregistrées avec le régime témoin. Le poids des intestins a été supérieur ($P < 0,05$) avec les régimes 2 et 3. La longueur des villosités et des cryptes, la surface, et le périmètre des villosités ont augmenté ($P < 0,05$) avec la supplémentation en β -glucanase dans le régime 2. Ces résultats indiquent que l'incorporation au régime de 20% d'orge locale est possible en l'additionnant de β -glucanase, ce qui a permis de réaliser des formules à moindre coût en couvrant les besoins alimentaires du poulet de chair et ainsi, de réduire l'utilisation de maïs importé.

Mots-clés : Algérie, anti-nutritif, complémentation, croissance, performance, polysaccharide non amylacé, β -glucanase

Impact of introducing barley with or without enzyme in a diet based on maize and soybean in broilers

Abstract

The aim of this study is to determine the effects of incorporating 20% ground barley, with or without enzyme (β -glucanase) (E; 50 g / t feed) on broiler performance. A total number of 150-day-old chicks were randomly allocated to three groups of 50 subjects, of homogeneous weight, with five replicates of 10 broilers for each group. These broilers were fed with three maize-soybean diets containing 0% barley (diet 1, control R1), 20% barley + E (diet 2, R2), and 20% barley without E (diet 3, R3) for the rearing period. The results of the experiment showed the negative effect of barley without E on the performances of the broilers, and that the addition of β -glucanase improved ($P < 0.05$) the weight gain (84.6 g vs. 63.5g) and the feed conversion ratio (2.4 vs. 2.7), with a total feed intake of 4.99 kg vs. 4.73 kg. The performance of diet 2 was similar to that recorded with the control diet. The intestinal weight was higher ($P < 0.05$) with diets 2 and 3. The length of villi and crypts, area, and perimeter of villi increased ($P < 0.05$) with β -glucanase supplementation in diet 2. These results suggest that the inclusion into the diet of 20% local barley is possible through the addition of β -glucanase, which allows the production of low-cost feed formulas, while covering the requirements feed of broiler and thus reducing the use of imported maize.

Keywords: Algeria, anti-nutitive, complementation, growth, performance, non-starch polysaccharides, β -glucanase

Introduction

La filière avicole constitue, après la filière lait et céréales, la colonne vertébrale du complexe agro-alimentaire algérien. Cette filière connaît un développement et un élan de production importants avec une alimentation exclusive à base de maïs et soja, qui sont dépendants des marchés internationaux quant à leur approvisionnement. L'Algérie consomme plus de 85 % de matières premières (soja, maïs) importés pour couvrir les besoins de la fabrication des aliments destinés aux volailles. La recherche d'une source énergétique en remplacement partiel ou total du maïs a fait l'objet de nombreux travaux surtout de Jensen et al (1957), Hesselman et Aman (1986) sur l'orge. Certaines variétés d'orge cultivées en Algérie peuvent en partie substituer le maïs dans les rations alimentaires des volailles. L'étude de l'impact de leur incorporation dans l'alimentation des volailles est devenue indispensable pour diminuer l'importation de maïs.

Pratiquement l'orge a été écartée de la formulation alimentaire des volailles à cause de sa faible valeur énergétique liée au taux élevé en polysaccharides non amylacés (PNA), principalement les glucanes qui emprisonnent les nutriments par effet cage. Cet effet inhibe l'accès des enzymes digestives aux granules d'amidon intracellulaire, aux protéines et aux autres nutriments, diminuant ainsi leur disponibilité.

De nombreuses expériences ont montré que la fraction hydrosoluble des β -glucanes, qui sont des polymères de D-glucose, est le principal composant responsable de la réduction des performances du poulet de chair (Hesselman et Aman 1986 ; Classen et al 1988). Les β -glucanes retiennent l'eau en grandes quantités, en le fixant dans le milieu extracellulaire. Ils forment une couche d'eau, augmentant ainsi la viscosité dans l'intestin grêle. On considère que cette augmentation de la viscosité est le mécanisme principal par lequel ces β -glucanes expriment leurs propriétés anti-nutritives (Bedford et Classen 1993), et ainsi affectent l'utilisation des nutriments.

L'amélioration de l'utilisation nutritive de l'orge et son introduction dans les régimes alimentaires est actuellement possible grâce à l'apport de préparations enzymatiques hydrolysant les β -glucanes. De nombreuses études rapportent une meilleure réponse lors de supplémentation exogène de β -glucanase dans un régime à base d'orge (Hesselman et Aman 1986 ; Classen et al 1988 ; Campbell et al 1986).

L'objectif de cette étude est de déterminer, dans nos conditions d'élevage locales, l'intérêt d'une substitution partielle de maïs importé par 20% d'orge locale, au cours des trois périodes d'élevage du poulet de chair (démarrage, croissance et finition), en étudiant l'impact de cette substitution partielle avec l'addition ou non de β -glucanase, aussi bien sur la croissance et l'efficacité de la transformation alimentaire, que sur le poids de l'appareil digestif et l'histométrie intestinale.

Matériel et méthode

Animaux et aliments

Cent cinquante poussins de souche Hubbard F15 âgés d'un jour et achetés auprès d'une écloserie commerciale SIFAAC Sarl (Société Industrielle Fabricant d'Aliments et Accoureur, Dar el Beida), ont été pesés et répartis au hasard en trois lots de poids homogène (40 ± 1 g). Chaque lot contenait 50 sujets, divisés en 5 groupes de 10 poussins (soit 5 répétitions de 10

sujets chacun). Les poussins ont été élevés au sol, pendant 57 jours, où la nourriture et l'eau ont été fournies ad-libitum dans le même bâtiment afin d'assurer des conditions d'élevage similaires.

Tous les régimes ont été formulés pour répondre ou dépasser les besoins nutritionnels des poulets de chair (Dale 1994). Les trois lots d'animaux ont été nourris avec trois régimes à formulations différentes adaptées à chaque période d'élevage. Le maïs ou l'orge étaient la principale source d'énergie, et l'orge a été utilisée pour remplacer partiellement (20%) le maïs dans l'alimentation. Un aliment de démarrage a été distribué de J 1 à J 13, un aliment de croissance de J 14 à J 43 et un aliment de finition de J 44 à J 57. Ces régimes sont habituellement utilisés par les producteurs locaux. Dans l'expérimentation, les poulets ont été nourris avec une ration maïs-soja contenant : 0% d'orge (régime 1 ; R1 pour le premier lot témoin), 20% d'orge + E (incorporée dans l'aliment sous forme poudre à raison de 50 g/tonne d'aliment) (régime 2 ; R2 pour le deuxième lot), et 20% d'orge sans E (régime 3 ; R3 pour le troisième lot). Le Tableau 1 représente le régime alimentaire du lot témoin.

Tableau 1. Composition du régime alimentaire du lot témoin.

Composition alimentaire (%)	du régime Démarrage (1-13 j)	Croissance (14-43 j)	Finition (44-57 j)
Mais	60,7%	61,0%	66,0%
Orge	0,0%	0,0%	0,0%
Soja	32,0%	27,0%	20,0%
Son de blé	4,0%	9,0%	12,0%
CMV ¹	1,0%	1,0%	1,0%
Phosphate	1,7%	1,5%	1,0%
Sable calcaire	0,6%	0,5%	0,0%
<i>Composition chimique</i>			
Énergie métabolisable (Kcal)	2891	2908	2989
Protéines brutes (%)	21,1	19,5	17,2

¹CMV: complément minéral vitaminique: complément minéral (mg/kg d'aliment)

Paramètres mesurés

La quantité de nourriture offerte aux poulets et les refus a été pesée et enregistrés quotidiennement. Le gain de poids moyen, la moyenne de la consommation alimentaire et

l'indice de consommation ont été déterminés à la fin de chaque phase d'élevage (13, 43 et 57 jours).

Une étude histométrique intestinale a été réalisée aux âges de 13, 43 et 57 jours ; un poussin de chaque répétition (n = 5 / régime) a été pris au hasard et sacrifié par dislocation cervicale, après un jeûne de 12 heures pour limiter le débit intestinal. Une longueur d'environ 5 cm du jéjunum a été obtenue à son point médian entre le point de l'entrée du canal biliaire et le diverticule de Meckel. Deux sections (transversale et longitudinale) ont été faites pour chaque échantillon intestinal (soit au total 10 échantillons intestinaux par régime alimentaire et par période d'élevage). Des coupes histologiques, colorées par la technique d'hémalum-éosine (Martoja et Martoja-Pierson 1967) ont été réalisées afin de déterminer la morphométrie des villosités intestinales (Uni et al 1998). Pour chaque prélèvement, les lames histologiques ont été analysées sous un microscope optique Leica (au grossissement x10) couplé avec un appareil photo numérique. Pour déterminer les variables histométriques (la hauteur des villosités, la profondeur des cryptes, la surface et le périmètre des villosités), un logiciel d'analyse d'images Motic 2.0 ML a été utilisé.

Analyses statistiques

Les données ont été analysées selon la procédure du modèle linéaire général (MLG) pour l'ANOVA (logicielle Minitab® 16.1.0). Une analyse de régression a été effectuée pour étudier les relations entre les performances des poulets, la morphométrie intestinale et le type de régime alimentaire au sein de chaque lot et à chaque période d'élevage. Les différences entre les moyennes des régimes ont été déterminées en utilisant le test de Tukey (HSD), la déclaration de signification statistique est basée sur $p < 0,05$.

Résultats

Performances zootechniques du poulet de chair

Les performances de croissance (poids corporel à l'abattage, gain de poids, consommation alimentaire et l'indice de consommation) mesurées durant les trois périodes d'élevage sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Résultats moyens des performances zootechniques pour chaque régime et par phase d'élevage (n=15, moyennes \pm SEM).

Performances zootechniques	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Poids corporel à l'abattage (kg)					
13 jours	0,33 ^{ab}	0,35 ^a	0,29 ^b	0,01	0,02
43 jours	1,63 ^a	1,78 ^a	1,54 ^a	0,08	0,44
57 jours	2,12 ^b	2,22 ^a	1,95 ^b	0,06	0,20
Consommation alimentaire total/poulet (kg)					

13 jours	0,53	0,55	0,50	-	-
43 jours	3,01	3,16	2,98	-	-
57 jours	1,13	1,27	1,25	-	-
Consommation alimentaire moyenne (g/poulet/j)					
13 jours	40,8 ^a	42,3 ^a	38,5 ^a	3,65	0,91
43 jours	100 ^a	106 ^a	100 ^a	1,60	0,26
57 jours	81,3 ^a	91,1 ^a	89,3 ^a	2,87	0,33
Gain moyen quotidien (g)					
13 jours	20,9 ^a	20,9 ^a	24,9 ^a	3,86	0,89
43 jours	45,61	41,0 ^b	37,9 ^c	9,04	0,30
57 jours	51,5 ^b	84,6 ^a	63,5 ^b	22,3	0,02
Indice de consommation					
13 jours	2,16 ^a	2,07 ^a	2,28 ^b	0,06	0,03
43 jours	2,58 ^b	2,78 ^b	3,02 ^a	0,12	0,03
57 jours	2,86 ^a	2,44 ^b	2,71 ^a	0,12	0,02

p: probabilité, *a b et c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM: Erreur Moyenne Standard.

R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime 2 (20% orge + E). R 3: Régime 3 (20% orge sans E).

Le poids corporel initial moyen des poulets variait entre 40 et 45 g. Nos résultats à 13 jours d'âge, révèlent que l'addition de β -glucanase dans le régime 2 a modifié ($P < 0,05$) le poids corporel des poulets par rapport au régime 3. Cette modification est probablement liée à l'addition de β -glucanase, qui change l'environnement intestinal, sans variations du gain de poids entre les trois régimes. Cependant, en phase de finition, il paraît que les poulets du régime 2 étaient plus lourds ($P < 0,05$) que ceux des poulets du régime 3, mais sans variations entre le régime témoin et 2. Par contre les résultats de gain de poids ont été supérieurs ($P < 0,05$) chez les poulets nourris avec le régime 2 (84,6 g) par rapport au régime témoin (51,5 g) et au régime 3 (63,5 g). Concernant l'indice de consommation alimentaire, nos résultats montrent qu'il y a eu une nette amélioration au cours du cycle d'élevage chez les poulets nourris avec le régime 2 ($P < 0,05$). En phase de démarrage, l'IC des poulets nourris avec le régime témoin est comparable à celui des poulets du régime 2. En revanche, il est plus élevé en période de croissance chez les poulets nourris avec le régime 3, et tend à être supérieur en période de finition dans le régime témoin et le régime 3 par rapport au régime 2.

Morphométrie intestinale

Les résultats moyens de la hauteur des villosités, la profondeur des cryptes, la surface et le périmètre des villosités du jéjunum à J 13, J 43 et J 57 sont présentés dans le Tableau 3.

Les observations histologiques de l'intestin grêle des poulets nourris avec les régimes 2 et 3 révèlent des variations morphologiques dans le jéjunum par rapport aux poulets nourris avec le régime témoin. Nos résultats révèlent des augmentations ($P < 0,05$) de la hauteur des villosités chez les poulets nourris avec le régime 2 par rapport au régime 3 pendant toute la période d'élevage. L'ajout de β -glucanase au régime 2 détruit la structure de la paroi cellulaire entourant les granules d'amidon d'orge, et cela permet la disponibilité de nutriments indispensable pour la croissance et la prolifération des entérocytes des villosités. Le régime témoin a réalisé la plus haute augmentation des villosités causée par une disponibilité accrue de l'amidon.

Contrairement à la hauteur des villosités, les résultats de la profondeur des cryptes montrent qu'il n'y pas de variations significatives ($P < 0,05$) entre les régimes de cryptes ne présente pas de différence significative entre les trois régimes ($P = 0,36$), et à l'âge de 43 jours elle est meilleure chez les poulets des régimes témoin et 2.

En phase de démarrage, la surface des villosités des poulets nourris avec le régime 2 est comparable à celle des poulets nourris avec le régime 3, et supérieure chez les poulets nourris avec le régime témoin. Les glucanes emprisonnent l'amidon et freinent l'utilisation des nutriments nécessaires pour la croissance des villosités. Par ailleurs, la surface est supérieure en période de croissance chez les poulets nourris avec le régime 2, puis par le régime témoin, puis le régime 3. À la fin du cycle d'élevage, les résultats étaient meilleurs chez les poulets du régime témoin ; le régime 2 a montré des variations significatives ($P < 0,05$) supérieures à celles du régime 3. Ceci est dû à l'émancipation des nutriments en raison de l'ajout de β -glucanase.

Tableau 3. Effet des régimes alimentaires sur la morphologie de l'intestin grêle (jéjunum) chez des poulets de chair ($n=15$, moyennes \pm SEM).

Paramètre de morphométrie intestinale	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Hauteur des villosités (μm)					
13 jours	177 ^a	160 ^b	138 ^c	2,66	0,00
43 jours	322 ^b	423 ^a	306 ^c	7,81	0,00
57 jours	479 ^a	425 ^b	326 ^c	7,89	0,00
Profondeur des cryptes (μm)					
13 jours	53,5 ^a	56,3 ^a	55,3 ^a	0,90	0,36
43 jours	73,6 ^a	94,8 ^a	61,8 ^b	3,12	0,00
57 jours	90,9 ^a	74,7 ^b	78,1 ^b	1,31	0,00

Surface des villosités (mm ²)					
13 jours	0,21 ^a	0,11 ^b	0,12 ^b	0,004	0,00
43 jours	0,04 ^b	0,53 ^a	0,35 ^c	0,011	0,00
57 jours	0,66 ^a	0,54 ^b	0,43 ^c	0,011	0,00
Périmètre des villosités (µm)					
13 jours	443 ^a	380 ^b	343 ^c	5,85	0,00
43 jours	694 ^b	900 ^a	646 ^b	13,3	0,00
43 jours	961 ^a	888 ^b	686 ^c	14,4	0,00
Rapport. Hauteur de villosité/ Profondeur de la crypte					
13 jours	3,40 ^a	2,94 ^b	2,66 ^b	0,06	0,00
43 jours	5,31 ^a	4,68 ^a	5,08 ^a	0,12	0,15
57 jours	5,43 ^a	5,77 ^a	4,38 ^b	0,10	0,00

p: probabilité. *a*, *b* et *c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM: Erreur Moyenne Standard.

R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime 2 (20% orge + E). R 3: Régime 3 (20% orge sans E).

Poids des parties anatomiques

Les résultats relatifs à l'évolution du poids de la cuisse et du bréchet par période d'élevage sont reportés dans le Tableau 4.

Sur le plan anatomique, l'effet le plus remarquable des trois régimes a été observé sur le poids de la cuisse et du bréchet. En effet, la variation du poids de la cuisse est significative entre le régime 3 (376 g) par rapport au régime 2 (415 g) et au régime témoin (496 g) seulement durant la période de finition. Par ailleurs, le poids du bréchet est supérieur chez les poulets nourris avec le régime 2 (61,4 g) par rapport aux deux autres régimes pendant la période de démarrage.

Tableau 4. Résultats relatifs à l'évolution du poids de carcasses, du bréchet et de la cuisse (n=15, moyennes ± SEM)

Poids des parties anatomiques (g)	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Poids de cuisse					
13 jours	56,7 ^a	48,1 ^a	56,6 ^a	2,80	0,38

43 jours	317 ^a	342 ^a	328 ^a	15,5	0,82
57 jours	496 ^a	415 ^a	376 ^b	22,2	0,06
Poids du bréchet					
13 jours	49,0 ^b	61,4 ^a	49,7 ^b	2,21	0,02
43 jours	336 ^a	371 ^a	357 ^a	13,1	0,58
57 jours	425 ^a	449 ^a	454 ^a	19,6	0,83

p : probabilité, *a*, *b* et *c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM : Erreur Moyenne Standard

R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime2 (20% orge + E). R 3: Régime 3 (20% orge sans E)

Poids des organes

Les résultats du poids des organes sont rapportés au niveau des Tableaux 5 et 6. Cela montre que, tout au long de la période d'élevage, il n'y a eu aucun effet ($P < 0,05$) des trois régimes sur le poids des organes, hormis le poids de l'intestin pendant la période de finition, qui est faible ($P < 0,05$) chez les poulets nourris avec le régime témoin (141 g) par rapport au régime 2 (164 g) et régime 3 (178 g). Cela est dû à la composition de l'orge, qui contient des polysaccharides non solubles ; principalement le β -glucane qui influence la motricité et le poids de l'intestin.

De même, aucune différence n'a pu être observée pour le poids du foie et du cœur, bien que les résultats de la croissance ont été meilleur chez les poulets du régime 2. Cela signifie probablement que le foie des poulets nourris avec le régime 2 a augmenté les fonctions métaboliques pour une meilleure performance.

Tableau 5. Poids des organes digestifs au cours des différentes phases d'élevage (n=15, moyennes \pm SEM).

Poids des organes digestifs (g)	R 1	R2	R 3	SEM	<i>p</i>
Poids du gésier vide					
13 jours	11,5 ^{ab}	10,0 ^b	12,8 ^a	0,50	0,0303
43 jours	34,4 ^a	34,2 ^a	34,6 ^a	1,20	0,99
57 jours	38,1 ^a	42,8 ^a	39,8 ^a	1,10	0,19
Poids du pro-ventricule					
13 jours	4,80	2,88	2,78	0,60	0,32

43 jours	8,56	9,57	7,94	0,40	0,26
57 jours	9,08	9,49	9,14	0,90	0,95
Poids des intestins					
13 jours	38,0 ^{ab}	33,8 ^b	41,6 ^a	1,40	0,05
43 jours	128	127	183	13,1	0,13
57 jours	141 ^b	164 ^{ab}	178 ^a	6,30	0,03
Poids de la graisse abdominale					
13 jours	2,10	2,20	2,10	0,20	0,91
43 jours	17,9	10,9	21,2	2,00	0,09
57 jours	25,8	26,7	28,0	3,00	0,96

p : probabilité, *a*, *b* et *c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM : Erreur Moyenne Standard

R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime 2 (20% orge + E). R 3: Régime 3 (20% orge sans E).

Tableau 6. Poids du cœur et du foie au cours des différentes phases d'élevage (n=15, moyennes \pm SEM).

Poids des organes (g)	R 1	R 2	R 3	SEM	<i>p</i>
Poids du foie					
13 jours	10,7 ^b	12,2 ^b	13,0 ^a	0,03	0,77
43 jours	49,5	48,6	49,2	2,2	0,98
57 jours	59,5	69,6	65,3	3,4	0,51
Poids du cœur					
13 jours	2,4	2,4	2,6	0,1	0,77
43 jours	8,7	9,5	8,9	0,4	0,75
57 jours	9,4	10,5	9,7	0,5	0,63

p: probabilité *a*, *b* et *c* : Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM : Erreur Moyenne Standard R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime 2 (20% orge + E). R 3: Régime 3(20% orge sans E).

Rendements de la carcasse et des organes digestifs

Les résultats du rendement des carcasses (Tableau 7) ont été obtenus après que les poulets ont été sacrifiés, déplumés et éviscérés. Des variations significatives ont été enregistrées entre les trois régimes. Au vu les résultats obtenus du rendement de carcasse, l'alimentation avec le régime 2 paraît la plus rentable avec une consommation alimentaire proche du régime témoin et du régime 3. Idem pour les résultats du rendement de carcasse durant le reste du cycle d'élevage. Les bons résultats obtenus en rendement de carcasse dans le régime alimentaire 2 sont liés à la variation du poids de la cuisse, qui est significativement faible chez les poulets nourris avec le régime 3 par rapport aux régimes 2 et au régime témoin. Pour le rendement des organes, il n'y pas de variations significatives entre les trois régimes pendant la période de démarrage et de croissance. Cette tendance est variée pendant la période de finition ; le rendement des organes est supérieur chez les poulets nourris avec le régime 3 par rapport aux régimes témoin et 2.

Tableau 7. Rendements de la carcasse et des organes digestifs (n=15, moyennes \pm SEM).

	R 1	R2	R3	SEM	<i>p</i>
Rendement de carcasse					
13 jours	65,0%	67,2%	66,5%	1,0	0,67
43 jours	82,1%	83,7%	83,7%	0,8	0,68
57 jours	61,4%	63,9%	60,1%	1,1	0,04
Rendement des organes					
13 jours	10,4%	9,80%	9,60%	0,3	0,44
43 jours	7,50%	7,40%	6,80%	0,4	0,80
57 jours	12,6%	12,4%	13,6%	0,3	0,03

p: probabilité, *a* *b* et *c*: Sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$). SEM: Erreur Moyenne Standard
R 1: Régime témoin (0% orge). R 2: Régime 2 (20% orge + E). R 3: Régime 3 (20% orge sans E).

Discussion

Dans notre expérience, l'ajout de β -glucanase dans l'aliment des poulets de chair contenant 20% d'orge a modifié les performances de la croissance chez les poulets, comme rapporté par plusieurs travaux contribuant à améliorer la valeur nutritive des régimes à base d'orge, qui ont montré l'efficacité de l'ajout d'une β -glucanase pour réduire l'effet des facteurs antinutritionnels (Silva et Smithard 2002 ; Lazaro et al 2003 ; Ribeiro et al 2012).

Par ailleurs, dans cet essai, l'abaissement du poids corporel des poulets à 13 jours d'âge observé dans le régime à 20 % d'orge sans enzyme par rapport au témoin est comparable à celui rapporté par Salih et al (1991), qui ont trouvé que l'effet négatif majeur de l'alimentation d'un régime riche en glucanes s'est produit pendant les quatre premières semaines d'élevage. Cette baisse de poids corporel des poulets serait en relation avec une baisse d'utilisation métabolique de l'aliment. Hesselman et al (1982), ont rapporté que lorsque l'orge sans enzyme était utilisée à des niveaux de 12 et 25% dans un régime alimentaire, le poids corporel des poulets de chair diminuait de 2 à 4% par rapport aux poulets nourri avec un régime à base de maïs. Cependant, en période de finition, l'ajout de β -glucanase au régime alimentaire à 20% d'orge, semble avoir amélioré le poids corporel du poulet. Ces résultats de poids corporel semblent rejoindre ceux constatés dans de nombreuses études (Friesen et al 1992 ; Svihus et Newman 1996).

Dans la présente étude, nos résultats indiquent que les trois régimes alimentaires ont modifié la structure et l'histo-morphologie de la villosité jéjunale. En effet le régime à 20% d'orge sans β -glucanase a minimisé la taille des villosités jéjunales, et ainsi minimisé l'absorption par une diminution de la surface intestinale qui a un impact négatif direct sur les performances au cours du cycle d'élevage chez les poulets en comparaison aux autres régimes. Ces résultats peuvent expliquer que le β -glucane dans le régime à 20% d'orge sans enzyme semble favoriser la prolifération des bactéries pathogènes (Campbell et al 1983) et perturber le développement normal de la paroi cellulaire intestinale. Hofshagen et Kaldhusdal (1992), ont signalé que le nombre de clostridies augmentait dans l'intestin grêle lorsque l'orge était incluse dans un régime à base de blé et d'avoine.

L'ajout de β -glucanase à un régime à 20% d'orge a amélioré la hauteur des villosités et la profondeur ; cette complémentation enzymatique a provoqué des changements et des améliorations de la microflore, des conditions physiques dans le tube digestif du poulet de chair et une diminution de la nature hygroscopique des glucanes (Aastrup 1979). Un tel changement est responsable de l'accroissement de la taille des villosités intestinales, et rend la surface d'absorption digestive plus importante chez les poulets (Casparly 1992) ce qui améliore de cette manière les performances des poulets.

L'accroissement de la taille des villosités intestinales permettant l'amplification des processus d'absorption, les nutriments passent dans le sang qui les emmène dans le foie où ils sont traités avant d'être distribués au reste de l'organisme. Les nutriments sont alors utilisés ou, lorsque les besoins du corps sont satisfaits, l'excès est accumulé pour constituer les réserves. C'est pourquoi, dans nos résultats, les différences ne sont pas significatives ($p < 0,05$) pour le poids du foie, du cœur, de la graisse abdominale, du gésier et du pro-ventricule entre les trois régimes. Ces résultats du poids sont liés à l'utilisation totale des nutriments, contrairement à ceux rapportés par Brenes et al (1993), qui ont montré que l'ajout d'enzyme influence le développement des organes du tractus digestif chez les poulets de chair alimentés avec de l'orge. Les résultats indiquent que les poulets nourris avec le régime à 20 % d'orge avec ou sans β -

glucanase ont eu des poids des intestins plus importants que ceux nourris avec le régime à base de maïs. Par contre, Svihus et al (1997) ont montré que le poids du petit intestin est moins élevé pour une alimentation avec de l'orge additionnée d'enzymes comparativement à une ration d'orge non additionnée d'enzymes.

En outre, la supplémentation en β -glucanase chez des poulets nourris avec le régime à 20% d'orge a amélioré le poids de la cuisse, par rapport au régime à 20% d'orge sans β -glucanase, comme rapporté dans l'étude de Selle et al (2003a) qui a montré que la supplémentation du régime alimentaire à base de blé avec de la xylanase et de la phytase conduit à une augmentation du poids du muscle de bréchet de 5,8%.

En termes du gain de poids et d'indice de consommation, les données montrent que l'amélioration du gain et de l'indice de consommation dans le groupe des poulets recevant le régime à 20% est en relation avec la supplémentation en β -glucanase. Marquardt et al (1994), ont montré que la supplémentation enzymatique chez les poulets nourris avec de régime à base d'orge a amélioré le gain de poids de 26% au cours de la première semaine, et de 14% à la deuxième semaine; des améliorations similaires dans le poids corporel et l'IC ont été observées par Coppedge et al (2012). Par contre les résultats indiquent que l'alimentation des poulets avec le régime à 20% d'orge sans β -glucanase a provoqué une augmentation significative de l'indice de consommation. Ceci rejoint les études de O'Neill et al (2012) et Blum et al (2012), qui ont observé une augmentation de l'IC lorsque l'on utilise l'orge sans complémentation enzymatique.

Conclusion

Notre étude a montré que la substitution partielle de maïs importé par de l'orge localement cultivée supplétementée en β -glucanase à raison de 50g/tonne d'aliment a permis de formuler des rations à moindre coût en couvrant les besoins alimentaires du poulet de chair.

Il est recommandé de ne pas utiliser l'orge sans supplémentation enzymatique à cause des effets négatifs des β -glucanes sur les performances du poulet de chair.

Références bibliographiques

Aastrup S 1979 The effect of rain on β -glucane content in barley grains. Carlsberg Research Communications 44, 381.<https://doi.org/10.1007/BF02906187>

Bedford M and Classen H 1993 An in vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. Poultry Science. 72:137–143.

Blum J, Piton P et Gauthier A 1980 Étude préliminaire sur les constituants responsables de la mauvaise utilisation de l'orge chez le jeune poulet. Reproduction Nutrition Development. 20, 1717-1722.<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00897774/document>

Brenes A, Smith M, Guenter W and Marquardt R R 1993 Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat- and barley based diets. Poultry Science. 72:1731-1739.

- Campbell G, Campbell L and Classen H 1983 Utilisation of rye by chickens: effect of microbial status, diet gamma irradiation and sodium taurocholate supplementation. *British Poultry Science*. 24, 191-203.
- Campbell G L, Classen H L and Ballance G M 1986 Gamma irradiation treatment of cereal grains for chick diets. *The Journal of nutrition*. 116, 560-569.
- Caspary W F 1992 Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 55, Issue 1, 1 January 1992, Pages 299S–308S.
- Classen H, Campbell G and Grootwassink J 1988 Improved feeding value of Saskatchewan-grown barley for broiler chickens with dietary enzyme supplementation. *Canadian Journal of Animal Science*. 68, 1253-1259. <https://doi.org/10.4141/cjas88-140>
- Coppedge J L, Oden B, Ratliff B, Brown F, Ruch and Lee J 2012 Evaluation of non-starch polysaccharide degrading enzymes in broiler diets varying in nutrient and energy levels as measured by broiler performance and processing parameters. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21, 226-234. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00329>
- Dale N 1994 National research council, nutrient requirements of poultry. *Journal of Applied Poultry Research*. Ninth revised edition. 3, 101-101.
- Friesen O, Guenter W, Marquardt R and Rotter B 1992 The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick. *Poultry Science*. 71, 1710-1721.
- Hesselman K and P Aman 1986 The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low-or high-viscosity. *Animal Feed Science and Technology*. 15, 2, 83-93
- Hesselman K, Elwinger K and Thomke S 1982 Influence of increasing levels of β -glucanase on the productive value of barley diets for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 7, 351-358.
- Hofshagen M and Kaldhusdal M 1992 Barley inclusion and avoparcin supplementation in broiler diets. 1. Effect on small intestinal bacterial flora and performance. *Poultry Science*. 71, 959-969.
- Jensen L S, Fry R E, Allred J B and McGinnis J 1957 Improvement in the nutritional value of barley for chicks by enzyme supplementation. *Poultry science*. 36, 919-921.
- Lazaro R, Garcia M, Medel P and Mateos G 2003 Influence of enzymes on performance and digestive parameters of broilers fed rye-based diets. *Poultry Science*. 82, 132-140. <https://doi.org/10.1093/ps/82.1.132>
- Marquardt R, Boros D, Guenter W and Crow G 1994 The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. *Animal Feed Science and Technology*. 45, 363-378.
- Martoja R et Martoja-Pierson M 1967 *Initiation aux techniques de l'histologie animale*. Masson et Cie, Paris, pp345.

O'Neill H M, Mathis G, Lumpkins B and Bedford M 2012 The effect of reduced calorie diets, with and without fat, and the use of xylanase on performance characteristics of broilers between 0 and 42 days. Poultry Science. 91, 1356-1360.<https://doi.org/10.3382/ps.2011-01867>

Ribeiro T, Lordelo M, Prates J, Falcão L, Freire J, Ferreira L and Fontes C 2012 The thermostable β -1, 3-1, 4-glucanase from *Clostridium thermocellum* improves the nutritive value of highly viscous barley-based diets for broilers. British poultry science. 53, 224-234.

Salih M, Classen H and Campbell G 1991 Response of chickens fed on hull-less barley to dietary β -glucanase at different ages. Animal Feed Science and Technology. 33, 139-149.https://www.researchgate.net/profile/Mohamed_Salih6/publication/223639138_Response_of_chickens_fed_on_hullless_barley_to_dietary_glucanase_at_different_age/links/5a09efcda272d40f411ead/Response-of-chickens-fed-on-hullless-barley-to-dietary-glucanase-at-different-age.pdf

Selle P H, Ravidran V, Ravidran G, Pittolo P H and Bryden W L 2003a Effects of nutrient specifications and xylanase plus phytase supplementation of wheat-based diets on growth performance and carcass traits of broilers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 16, 1501-1509.https://www.ajas.info/upload/pdf/16_226.pdf

Silva S and Smithard R 2002 Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. British Poultry Science. 43, 274-282.

Svihus B, Herstad O, Newman C and Newman R 1997 Comparison of performance and intestinal characteristics of broiler chickens fed on diets containing whole, rolled or ground barley. British Poultry Science. 38, 524-529.

Svihus B and Newman C 1996 Enzyme application to unprocessed whole barley diets increases the nutritional value for broiler chickens due to higher digestibility of nutrients. Journal Federation of American Societies for Experimental Biology, 9650 Rockville Pike, Bethesda, Md 20814-3998, pp. 2956-2956.

Uni Z, Gano S and Sklan D 1998 Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. Poultry Science 77, 75-82. <https://doi.org/10.1093/ps/77.1.75>

Received 8 January 2019; Accepted 12 February 2019; Published 4 March 2019

www.lrrd.org/lrrd31/3/hamza31041.html