

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – ALGER

المدرسة الوطنية للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

Effets de l'incorporation de différentes doses d'un complexe enzymatique commercial aux aliments à base d'orge sur les performances zootechniques et la flore coliforme totale du poulet de chair

Présenté par : EDDOUD Maya Nahla

Jury :

- | | |
|------------------------------------|---|
| - Président : AIN BAAZIZ H. | Professeur (ENSV, Alger) |
| - Promoteur : TEMIM S. | Professeur (ENSV, Alger) |
| - Examineur : BERRAMA Z. | Maître Assistant A (ENSV, Alger) |
| - Examineur : DAHMANI Y. | Maître Assistant B (ENSV, Alger) |

Année universitaire : 2012/2013

Cette expérimentation a été réalisée au sein de la Station des Monogastriques de l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba Ali, Alger. A cet effet, je tiens à remercier vivement son Directeur, Dr Ahmed BOUDJENAH, qui m'a généreusement ouvert les portes de l'institut, ainsi que tous les membres du Service Avicole : Mlle Mounira SAIS, Mr Fayçal TETAH et Mr Slimane ARABA qui ont participé au bon déroulement de l'essai.

Je remercie Pr. AIN BAAZIZ Hacina d'avoir accepté de présider le jury de ce modeste travail. Je remercie également Dr. BERRAMA Zahra et Dr. DAHMANI Yasmina d'avoir accepté d'examiner cet ouvrage.

Mes vifs remerciements vont aussi à ma promotrice Pr. Soraya TEMIM pour son immense gentillesse et pour m'avoir encadrée tout au long de ce travail. Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à Mme Linda SAHRAOUI pour sa précieuse contributions et ses importantes recommandations en microbiologie. Je remercie également Mlle. Abed Mounia pour sa précieuse aide fournie lors des prélèvements. Mes remerciements vont aussi, au Professeur AIN BAAZIZ Hacina qui m'a orienté et aidé pour la réalisation de ce travail.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et que j'ai omis involontairement de citer le nom, je vous dis merci.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail ;

À mes parents ; vous m'avez toujours comblé de courage et d'amour, vous avez toujours cru en moi, merci sans vous je ne serai jamais ce que je suis maintenant, je vous aime.

À mes sœurs : Asma, les jumelles, qui sont toujours à mes côtés me soutiennent et m'encouragent.

À mes chères amies : Karima, Naouel, Yasmine, Hanane, Hanna je les remercie de tout mon cœur.

À mes grands-parents paternels qui m'ont toujours encouragé.

À la mémoire de mes grands-parents maternels, qui m'ont toujours encouragé à devenir vétérinaire et qui m'ont élevé avec plein de tendresse, vous nous manquez.

À tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin,

Merci

Le but de cette étude est d'évaluer, dans nos conditions d'élevage, l'impact de l'emploi de complexes enzymatiques avec des régimes à base d'orge, sur les paramètres zootechniques et la flore coliforme (*Escherichia coli*) du poulet de chair. Au total, 1080 poussins d'un jour de souche ISA F15 Hubbard ont été répartis en 3 lots expérimentaux de poids moyens homogènes et comportant chacun 6 répétitions de 60 sujets : Un lot « Témoin » nourri avec un aliment complet de base adapté à l'âge et contenant 20% d'orge en phase de croissance (J11 à J42) et 25% d'orge en phase de finition (J43 à J49) ; deux lots « Enzyme1 » et « Enzyme2 » recevant, à partir du 11^{ème} jour d'âge, les mêmes aliments de base mais supplémentés avec un complexe enzymatique commercial (β -glucanase, protéases, pentosanases et amylase) aux doses respectives de 250 ou 380 ppm.

Dans nos conditions expérimentales, quelque soit la dose utilisée (250 ppm ou 380 ppm), la supplémentation alimentaire en enzymes n'a pas significativement modifié la survie ou la croissance des poulets. Cet additif a néanmoins réduit l'ingéré (-6% en moyenne) améliorant ainsi légèrement l'indice de conversion cumulé avec de meilleures réponses pour la dose de 250 ppm par rapport à celle de 380ppm. De même, l'apport d'enzymes exogènes dans l'aliment n'a pas permis d'améliorer significativement les index de production, et ce quelque soit la dose d'enzymes utilisée dans les aliments. Enfin, la supplémentation en enzymes a significativement réduit le nombre total de bactéries coliformes et ce quelque soit la dose utilisée (-75% en moyenne ; $p < 0,001$), traduisant un impact positif sur la flore indésirable.

Mots-clés : poulet de chair, orge, complexe enzymatique, supplémentation, performances zootechniques, analyse économique, flore coliforme, *Escherichia coli*.

The aim of this study was to evaluate the impact of using exogenous enzymes with barley based diet on growth performances and coliform flora (*Escherichia coli*) of broiler chicken. A total of 1080 one-day old chicks (ISA F15 Hubbard) were equally divided into three experimental groups with homogenous weight (6 replications of 60 animals): The control group (Control) was fed with a complete standard diet adapted to the age and containing 20% barley in growth phase (D11 to D42) and 25% barley in the finishing period (D43 to D49), two groups "Enzyme1" and "Enzyme2" received, from the 11th day of age, the same basic feed but supplemented with a commercial enzyme complex (β -glucanase, protease, and amylase pentosanases) at doses of 250 or 380 ppm respectively.

In our experimental conditions, whatever the dose used (250 ppm or 380 ppm), dietary enzyme supplementation did not significantly alter the survival or growth performances of broiler chicken. This additive has nevertheless reduced feed intake (-6% on average) and slightly improved feed conversion ratio combined with better responses to a dose of 250 ppm compared to 380 ppm. Similarly, the addition of exogenous enzymes in the diet did not significantly improve production index, that whatever the dose of enzymes used. Finally, the enzyme supplementation significantly reduced the total number of coliform bacteria and that for any used dose (-75% on average, $p < 0.001$), reflecting a positive impact on the undesirable flora.

Key-words: Broiler chicken, barley, enzyme complex, supplementation, growth performances, *economic* analysis, coliform flora, *Escherichia coli*.

إن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم أثر استخدام المكملات الأنزيمية و نظام غذائي مكون من الشعير على القدرات الحيوانية والبكتيريا القولونية (*Escherichia coli*) للدجاج اللحمي .
لقد تم رصد 1080 صوص بعمر يوم واحد من سلالة (ISA F15 Hubbard) وقسموا إلى ثلاث فئات تجريبية ذات أوزان متجانسة (7 تكرارات من 60 فرد) : المجموعة الشاهدة (T) أطعمت بغذاء نموذجي كامل مكيف حسب العمر و يحتوي على 20% من الشعير خلال مرحلة النمو (11 يوم- 42 يوم) و 25% من الشعير خلال مرحلة النهاية (43 يوم - 49 يوم). المجموعة الثانية و الثالثة "Enzyme1" و "Enzyme2" أطعمت بنفس الغذاء النموذجي من اليوم 11 لكن بإدراج خليط إنزيمي تجاري (مكون من : الفلوكاناز، البننوزاناز، البروتياز و الاميلاز) بكمية 250 ppm و 380 ppm بالترتيب.

في ظروفنا التجريبية هذه، مهما كانت الكمية المدرجة (250 ppm أو 380 ppm) فان المكمل الإنزيمي لم يؤثر على عدد وفيات أو قدرات نمو الدواجن. لكن بالمقابل هذا المكمل الإنزيمي اخفض نسبة الاستهلاك الغذائي بمعدل 5% محسنا بذلك مؤشر التحويل الغذائي مع استجابة أفضل للكمية 250 ppm مقارنة بالكمية 380 ppm. كما أن هذا المكمل لم يؤثر على مؤشر الاقتصاد مع كلتا الكميتين.
و أخيرا هذا المكمل أدى إلى انخفاض كبير في نسبة البكتيريا القولونية (*Escherichia coli*) بمعدل (-75% ، $p < 0,001$) وذلك مهما كانت كمية الإنزيم المستعملة ، مترجما بذلك تأثير ايجابي للإنزيم على البكتيريا المؤذية.

الكلمات المفاتيح: الدجاج اللحمي، الشعير، المكملات الأنزيمية، القدرات الحيوانية، المردود الاقتصادي، البكتيريا القولونية، *Escherichia coli*

Etude bibliographique

Figure 1. Orge commune.....	3
Figure 2. Schéma décrivant l'impact des PNA de l'orge sur la digestion des volailles.....	6
Figure 3. Mode d'action des enzymes exogènes de type carbohydrases.....	8

Matériel et méthodes

Figure 4. Distribution de l'aliment.....	16
Figure 5. Vues (extérieure et intérieure) du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai.....	20
Figure 6. Matériel de dilution.....	24
Figure 7. Ensemencement sur double couche des <i>E. coli</i> sur le milieu VRBL.....	24

Résultats

Figure 8. Taux de mortalité par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	27
Figure 9. Poids vifs et moyen par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	29
Figure 10. Gain de poids moyen par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	29
Figure 11. Ingéré alimentaire moyen par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	31
Figure 12. Indice de conversion alimentaire par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	32
Figure 13. Nombre total d' <i>Escherichia coli</i> mesuré à l'âge de 49 jours chez les poulets.....	34

Etude bibliographique

Tableau 1. Composition des différentes variétés d'orges (%).....	4
Tableau 2. Comparaison de la teneur des PNA entre le maïs et l'orge.....	5
Tableau 3. Les enzymes utilisés en aviculture.....	10
Tableau 4. Synthèse des résultats obtenus par différents auteurs.....	13

Matériel et Méthodes

Tableau 5. Composition de l'aliment des Témoins.....	17
Tableau 6. Composition de l'aliment du traitement Enzyme (250 ppm).....	18
Tableau 7. Composition de l'aliment du traitement Enzyme (380 ppm).....	19
Tableau 8. Programme de prophylaxie appliqué durant l'essai.....	21

Résultats

Tableau 9. Taux de mortalité par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	26
Tableau 10. Poids vifs et gain de poids moyen par phase d'élevage et cumulée.....	28
Tableau 11. Ingéré alimentaire moyen par phase d'élevage et cumulée, des poulets.....	30
Tableau 12. Indice de conversion alimentaire par phase d'élevage et cumulée.....	32
Tableau 13. Index de production (IP), gain moyen quotidien (GMQ), indice de consommation et viabilité des poulets.....	33
Tableau 14. Nombre total d' <i>Escherichia coli</i> mesuré à l'âge de 49 jours.....	34

Introduction Générale	1
Etude Bibliographique	3
I. Alimentation du poulet de chair.....	3
II. L'utilisation de l'orge chez le poulet de chair.....	3
II.1. Définition et présentation.....	3
II.2. Composition chimique de l'orge.....	4
II.3. Valeur nutritive et Utilisation de l'orge en aviculture.....	5
III. Supplémentation enzymatique en aviculture.....	7
III.1. Définition des enzymes exogènes.....	7
III.2. Mode d'action des enzymes exogènes.....	7
III.3. Les différents types d'enzymes exogènes utilisés en aviculture.....	8
III.3.1. Les Bêta-glucanases, xylanases et pentosanases.....	9
III.3.2. Les bêta-galactosidases.....	9
III.3.3. Les protéases, amylases et lipases.....	9
III.4. Avantages de l'utilisation des enzymes exogènes en aviculture.....	11
IV. Valorisation de l'orge par les enzymes exogènes.....	11
Matériel et méthodes	15
I. Lieu, période et durée de l'essai.....	15
II. Animaux.....	15
III. Traitements expérimentaux.....	15
IV. Aliments.....	16

IV.1. Modalités de la supplémentation en enzymes.....	19
V. Bâtiment d'élevage.....	20
VI. Programme de prophylaxie.....	21
VII. Paramètres mesurés.....	22
VII.1. Mesure des performances zootechniques.....	22
VII.2. Etude économique.....	23
VII.3. Etude de la flore coliforme digestive.....	23
VIII. Analyse statistique.....	25
Résultats	26
I. Performances zootechniques.....	26
I.1. Mortalité.....	26
I.2. Poids vif et gain de poids.....	27
I.3. Consommation alimentaire.....	29
I.4. Indice de conversion alimentaire.....	31
II. Etude économique.....	33
III. Flore totale coliforme.....	34
Discussion générale	35
Conclusions et perspectives	39
Références bibliographiques	40



En Algérie, la filière avicole a connu une expansion considérable au cours de ces dernières décennies, avec une alimentation basée essentiellement sur le maïs et le soja, qui sont des matières premières importées et dont le coût est tributaire des marchés internationaux. Leur prix a d'ailleurs connu ces précédentes années une forte hausse, dictée par la conjoncture économique mondiale. Ceci s'est négativement répercuté sur le coût global de l'aliment complet pour volaille. Aussi, la recherche d'autres alternatives, telles que le remplacement total ou partiel de ces deux matières premières par des ressources alimentaires locales s'impose.

En Algérie, les variétés d'orge cultivées (Saïda 183, Tichdrett et Robur) peuvent substituer le maïs dans les rations alimentaires de volaille et fournir la plupart des éléments nutritifs nécessaires à la croissance du poulet de chair (Alloui *et al.*, 2003). Ayant des taux de protéines et d'amidon plus élevés que ceux du maïs et commercialisée à un prix souvent inférieur, l'orge commune constitue une matière alimentaire précieuse dont on peut tirer avantage en aviculture.

Cependant, actuellement, elle reste peu utilisée dans l'alimentation des volailles en raison de sa valeur énergétique relativement faible liée à un fort taux en polysaccharides non amylacés (PNA), sa forte teneur en fibres et de la présence de facteurs antinutritionnels (Benabdeldjelil, 1999).

Pourtant, d'autres pays, tels que l'Espagne et les pays Scandinaves, incorporent cette céréale dans les aliments de volailles en substitution du maïs à des taux élevés, jusqu'à 70%, moyennant l'addition de matières grasses et de complexes enzymatiques (Brufau de Barbera, 1986 ; Chesson, 1991). En effet, l'utilisation des additifs enzymatiques qui présentent un large spectre d'activité permet de mieux valoriser les matières premières incorporées dans l'aliment-volailles, notamment l'orge et le blé, en réduisant la viscosité associée à une accélération du transit digestif, ce qui réduit les proliférations microbiennes au niveau iléal et donc l'absorption des nutriments par la microflore (Scott *et al.*, 2001 ; Uzu et Sassi, 2005 ; Khattak *et al.*, 2006).

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de préciser, dans nos conditions locales, l'impact d'une supplémentation en enzymes exogènes d'un aliment à base d'orge, sur les performances zootechniques et la flore coliforme totale du poulet de chair.



La première partie de ce mémoire est consacrée à l'étude bibliographique articulée sur 3 chapitres. Le 1^{er} présentera la composition et la valeur nutritive de l'orge ainsi que l'impact de son inclusion dans l'alimentation du poulet de chair. Le 2nd chapitre est consacré aux additifs enzymatiques (types, mode d'action et rôles) et le dernier détaillera l'emploi des enzymes avec des régimes à base d'orge.

La seconde partie du manuscrit présentera notre étude expérimentale réalisée à l'ITELV (Institut Technique des Elevages) de BABA-ALI (Alger) et au niveau du Laboratoire de Microbiologie de l'ENSV (Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire) d'El-Harrach. La méthodologie et le protocole utilisés pour cette expérimentation seront d'abord décrits, les résultats obtenus sont ensuite présentés et discutés.

Dans la conclusion générale, nous faisons le point des résultats obtenus et des perspectives éventuellement réalisables à l'issue de ce travail.



I. Alimentation du poulet de chair

C'est le facteur le plus important et le plus coûteux de tout élevage. Il est généralement prévu 3 types d'aliment pour le poulet de chair : l'aliment démarrage, l'aliment croissance et l'aliment finition. Ils sont formulés en fonction des besoins nutritionnels et du stade de développement du poulet. L'alimentation du poulet de chair est basée essentiellement sur un régime exclusif maïs-soja. Ces derniers sont toutefois des matières premières dépendantes des marchés internationaux quant à leur approvisionnement. Ceci se répercute négativement sur le coût global de l'aliment complet pour volaille. Aussi, la recherche d'autres alternatives, telles que le remplacement total ou partiel de ces deux matières premières par des ressources alimentaires locales s'impose (Doumandji, 2011).

Seule l'orge, objet de notre étude expérimentale, sera abordée dans la présente revue bibliographique.

II. L'utilisation de l'orge chez le poulet de chair

II.1. Définition et présentation

L'orge commune (*Hordeum vulgare*) est une céréale à paille, plante herbacée annuelle de la famille des *poacées* (autrefois appelées graminées). L'orge, d'une hauteur moyenne d'un mètre, est très voisine du blé mais s'en distingue par ses épis allongés et toujours barbus (Figure 1).

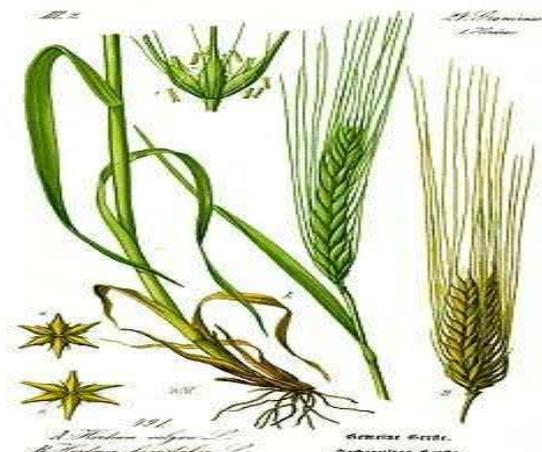


Figure 1 : Orge commune (source internet).



II.2. Composition chimique de l'orge

Les glucides représentent environ 80% de la matière sèche des graines et sont constitués essentiellement d'amidon localisé au niveau du caryopse (Tableau 1).

Tableau 1: Composition des différentes variétés d'orge (%)
(Alloui *et al.*, 2003)

Variétés	MS	Cendres	Lipides	Protéines (Nx 6,25)	Cellulose brute	ADF	NDF	ENA
Saida 183	95,0	2,8	2,4	14,2	7,0	4,0	17	68,6
Tichedrett	95,1	2,9	2,8	13,9	6,5	3,5	17,5	69,0
Robur	95,3	2,7	2,4	14,3	6,4	3,7	17,3	69,5

MS : Matières Sèches ; PB : Protéines Brutes (Matières azotées totales) ; CB : Cellulose Brute ;

ADF : Acid Detergent Fiber ; NDF : Neutral Detergent Fiber ; ENA : Extractif Non Azoté.

Les paramètres nutritifs de l'orge varient grandement avec la variété, les conditions d'environnement, de culture, etc. (Brufau, 1997).

Les grains peuvent être utilisés entiers, broyés ou en farine, mais le degré de mouture n'a aucune influence sur la digestibilité de ces aliments chez les volailles. L'amidon constitue la principale source d'énergie dans les grains d'orge. Il contient de 8% à 15% de protéines, avec un contenu toutefois satisfaisant en lysine (un acide aminé essentiel), ce qui fait de l'orge une matière première plus ou moins complète comparée au maïs.

L'orge renferme de 2% à 3% de lipides, dont le tiers environ est situé dans le germe. Sa teneur en acide linoléique est nettement inférieure à celle du maïs et à celle d'autres céréales. Un apport complémentaire de cet acide gras essentiel dans les aliments à base d'orge est parfois recommandé (Benabdeldjelil, 1999).

D'où une nécessité d'une supplémentation et de traitements hydrothermiques lors d'un régime basé sur l'orge comme matière première (Jeroch *et al.*, 1995 ; Benabdeldjelil, 1999).

L'endosperme de l'amidon est composé d'une quantité importante de polysaccharides non amyliques (PNA) hydrosolubles comparé au maïs (Tableau 2).

Les PNA hydrosolubles ont des propriétés anti-nutritives. Ces derniers sont représentés essentiellement par les Bêta-glucanes dans l'amidon de l'orge (McDonald *et al.*, 1988; Campbell et Bedford, 1992; Svilus, 1997).



Tableau 2: Comparaison de la teneur des PNA entre le maïs et l'orge
(Adapté de Chesson, 1991)

Matière première	PNA totaux	Pentosanes solubles		Bêta-glucanes	
		g\ kg de MS	% par teneur de PNA	g\ kg de MS	% par teneur de PNA
Orge	153 g	12,4	8,1%	39,6 g	85,9%
Maïs	86 g	2,3	2,7%	1,2 g	1,4%

MS: Matière sèche, PNA: Polysaccharides non amylacés

II.3. Valeur nutritive et Utilisation de l'orge en aviculture

En raison de la grande quantité d'amidon qu'elle renferme, l'orge commune constitue une matière alimentaire précieuse dont on peut tirer avantage en aviculture. Néanmoins, elle reste peu utilisée dans l'alimentation des volailles à cause de sa valeur énergétique relativement faible (2800 kcal/kg brut) (Benabdeldjelil, 1999), de sa forte teneur en PNA ainsi que l'absence d'enzymes digestives endogènes chez le poulet nécessaires à la dégradation de ces éléments (Choct et Anison, 1992).

Des travaux antérieurs ont démontré que l'utilisation de l'orge comme matière première substituée au maïs et non supplémentée par des enzymes, à des pourcentages variables, augmente la viscosité au niveau des intestins. Fernandez et Ruiz Matas (2003) montrent que, l'inclusion de l'orge a été traditionnellement limitée à 20 ou 30% de la ration des animaux vu qu'elle contient des Bêta-glucanes peu digestes variant de 1,5 à 8,5% (par rapport à la MS). Ces derniers ne sont pas hydrolysés par les poulets, faute d'enzymes digestives spécifiques. Ils forment des gels visqueux *in vitro* comme *in vivo*. Ceci entraîne l'excrétion par les animaux de fientes riches en eau et entraînant donc l'humidification des litières. En outre, la croissance peut être significativement retardée et l'efficacité alimentaire abaissée (Larbier et Leclercq, 1992). Ainsi, les bêta-glucanes sont la cause de la diminution des performances zootechniques lors d'utilisation de l'orge comme matière première. Le mécanisme antinutritionnel est relié aux propriétés visqueuses des PNA qui affectent la viscosité des fractions aqueuses au niveau de l'intestin grêle (Hesselman, 1986; Edney *et al.*, 1989; Choct et Anison, 1992 ; Viveros *et al.*, 1994; Mathlouthi *et al.*, 2002; Parsaie *et al.*, 2007; Rebolè *et al.*, 2010). Quelques travaux ont également démontré que la présence d'une grande quantité de PNA au niveau de l'aliment réduit l'ingéré alimentaire et le gain de poids du poulet de chair avec augmentation de l'indice de consommation (Groot Wassink *et al.*, 1989). Les PNA influencent la digestion et se répercute négativement sur l'assimilation et l'absorption des aliments et donc sur la



croissance du poulet de chair (Figure 2).

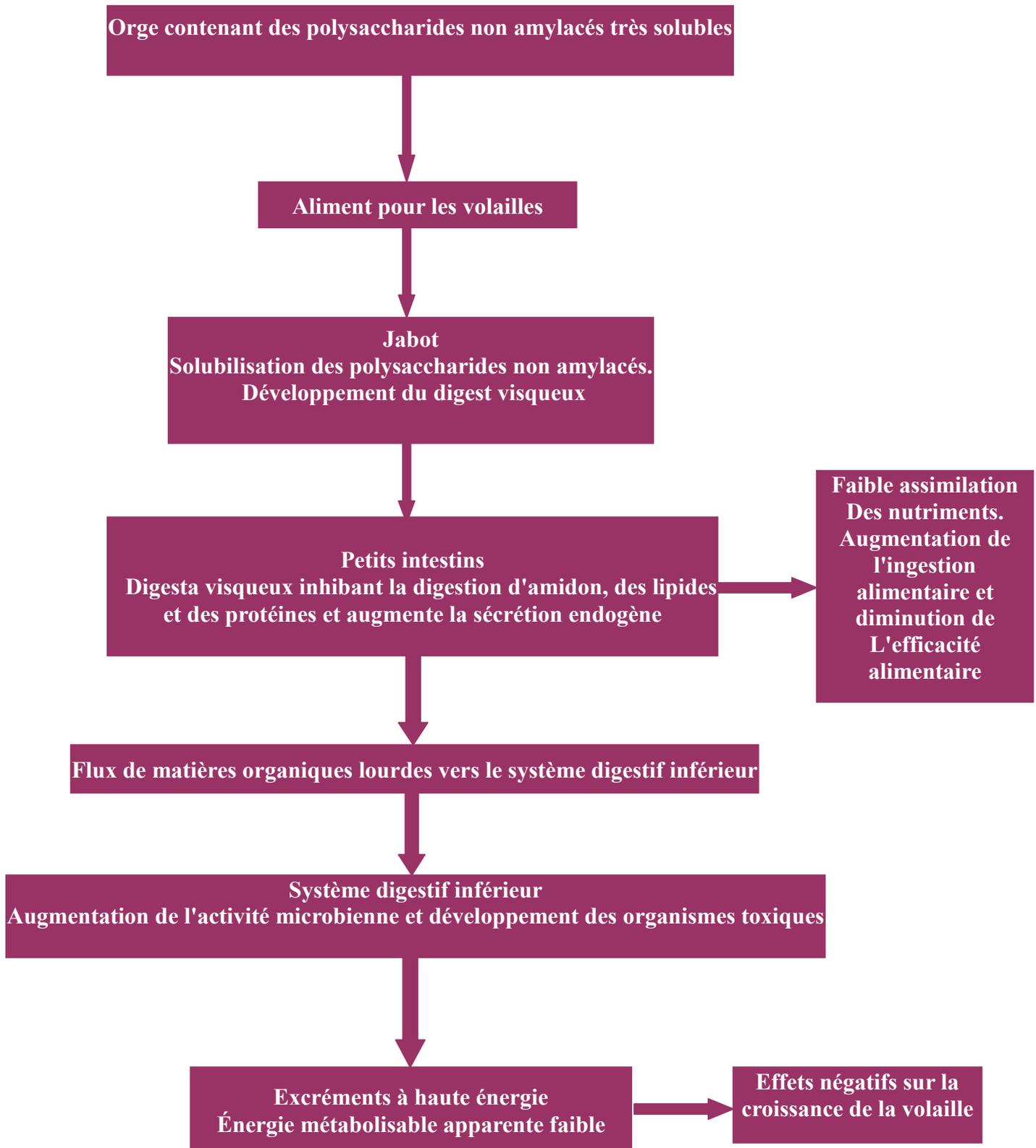


Figure 2: Schéma décrivant l'impact des PNA de l'orge sur la digestion des volailles
(Adapté de Annison, 1993 cité par Nahas, 1999)



III. Supplémentation enzymatique en aviculture:

III.1. Définition des enzymes exogènes:

De manière générale, les enzymes ajoutées aux aliments des volailles doivent être assimilées à une extension du système enzymatique de leur tube digestif. Choies de manière pertinente, elles permettent d'inhiber les facteurs antinutritionnels présents dans les aliments et d'améliorer la disponibilité des nutriments pour l'animal. Ces avantages offrent la possibilité d'employer davantage les aliments induisant classiquement des chutes de performances. En alimentation animale, l'usage des enzymes est récent et date tout au plus de 20 ans (Beckers et Piron, 2009).

III.2. Mode d'action des enzymes exogènes:

Bien que de nombreux travaux soient établis, le mécanisme d'action des enzymes exogènes reste encore pas bien connu.

De nombreuses hypothèses sont posées par différents auteurs. Il a été démontré que ces enzymes sont responsables de l'hydrolyse des PNA des céréales et donc de la diminution de la viscosité intestinale. Aussi, certains auteurs expliquent l'augmentation du poids du poulet par une augmentation de l'absorption au niveau intestinale et qui serait expliquée par un amincissement de la paroi intestinale (Thomke et Klas, 1998 ; Khattak *et al.*, 2006).

Le schéma suivant (Figure 3) explique le mode d'action des enzymes exogènes de type carbohydrases établi par certains auteurs (Kamphuis, 1987 cité par Thomke et Klas, 1998) :

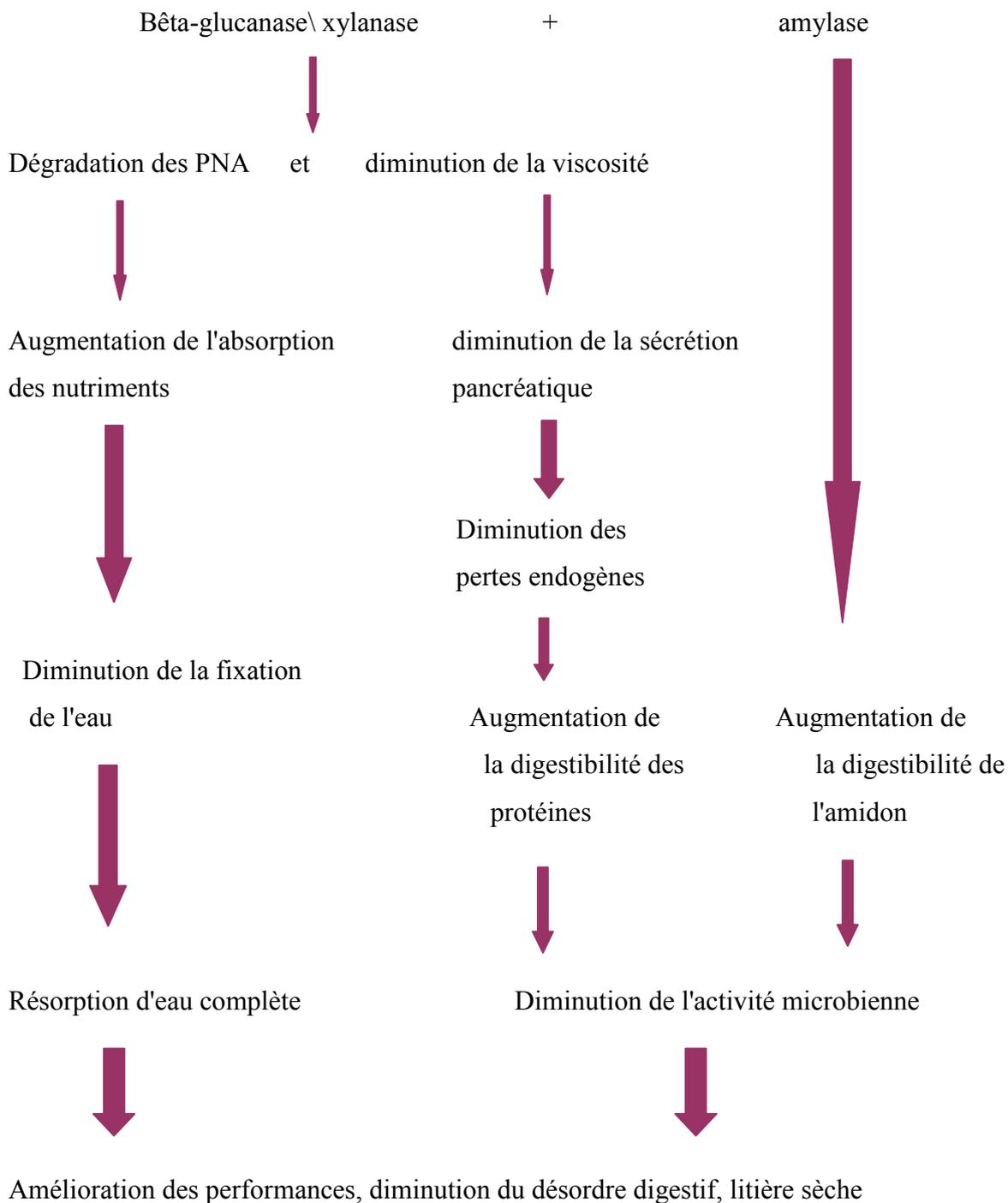


Figure 3: mode d'action des enzymes exogènes de type carbohydrases.

III.3. Les différents types d'enzymes exogènes utilisés en aviculture:

Les enzymes étant très spécifiques de leurs substrats (Tableau 3), 4 grands groupes d'enzymes sont dénombrées en alimentation animale : celles hydrolysant, respectivement, les fibres, les protéines, les amidons et les phosphates d'origine végétale (Beckers et Piron, 2009). Au sein même d'un



groupe, les enzymes se distinguent en fonction de leur mode d'action et des conditions de pH et de température propices à leur activité.

Les enzymes exogènes utilisés en alimentation sont généralement extraits de microorganismes telles que certaines bactéries: *Bacillus subtilis*, *Bacillus lentus*, *Bacillus amyloliquifaciens* et *Bacillus stearothermophilus*, certains champignons: *Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus oryzae* et *Aspergillus niger*, ou certaines levures telle *Saccharomyces cerevisiae* (Khattak et al., 2006).

III.3.1. Les Bêta-glucanases, xylanases et pentosanases:

Les carbohydrases ou encore appelés les enzymes NSP (“non starch polysaccharides” pour Polysaccharides Non Amylacés ou PNA) sont des enzymes utilisées pour hydrolyser les bêta-glucanes et les arabinoxylanes, PNA produits par certaines céréales telle que l'orge et le blé et qui appartiennent au groupe des hémicelluloses, produites par *Trichoderma longibrachiatum* (Zakaria et al., 2008). Ces enzymes permettent de réduire, voire d'annuler, les effets négatifs des PNA sur le fonctionnement du tube digestif (Beckers et Piron, 2009). Ils sont à présent largement utilisés avec des régimes contenant de l'orge, du blé, du seigle et du triticale chez la volaille afin de stabiliser et améliorer la valeur énergétique et protéique des céréales (Beckers et Piron, 2009), nonobstant l'efficacité de ces enzymes est variable en fonction du scénario alimentaire, de la nature de l'enzyme, de l'activité microbienne dans le tube digestif, de l'âge des animaux et des traitements subis par l'aliment (Cowieson et al., 2006; Vandeplass et al., 2009 cités par Beckers et Piron, 2009).

III.3.2. Les bêta-galactosidases:

Ce sont des hydrolases capables d'hydrolyser une liaison osidique faisant intervenir un galactose en position β . Elle est composée de 4 sous unités semblables deux à deux (Doumandji, 2011).

III.3.3. Les protéases, amylases et lipases:

L'amylase est une enzyme digestive classée comme saccharidase. C'est surtout un constituant du suc pancréatique et de la salive, requis pour le catabolisme des glucides à longue chaîne (comme l'amidon) en unités plus petites. L'alpha-amylase brise les liens α (1-4) glycosidiques à l'intérieur des chaînes de l'amylose et de l'amylopectine pour ultimement donner des molécules de maltose (disaccharides de α -glucose). Elle ne peut attaquer que l'amidon cuit (Doumandji, 2011).



La protéase exogène est une enzyme qui brise les liaisons peptidiques des protéines, elle est utilisée dans le but de dégrader les aliments protéagineux, oléoprotéagineux et les co-produits de céréales riches en protéines. Il a été montré également que certaines protéases fongiques et bactériennes pouvaient inactiver *in vitro* les facteurs antinutritionnels des fèves crues de soja, de même que des protéases peuvent réduire les effets immunologiques de certaines protéines (Thorpe et Beal, 2001; Hong et al., 2002 cités par Beckers et Piron, 2009).

La lipase est une enzyme hydrosoluble capable d'effectuer l'hydrolyse de fonctions esters et est spécialisée dans la transformation de triglycéride en glycérol et en acides gras. À ce titre, elles constituent une sous-classe des estérases.

L'amylase, lipase et protéase ont autrefois été utilisées chez le jeune poulet pour pallier à la déficience des enzymes digestifs et renforcer leur potentiel enzymatique (Jin et al, 1998). Cependant, certains auteurs ont contredits cette hypothèse (Slominski et al, 2006).

Tableau 3: Les enzymes utilisés en aviculture
(D'après Khattak et al., 2006)

Enzymes	Les substrats correspondant
Bêta-glucanases	Orge et Avoine
Xylanases	Blé, Seigle, Son de riz et Triticale
Bêta-galactosidases	Lupin et graines de légumineuses
Protéases	Protéines
Lipases	Lipides
Amylases	Amidons

De manière générale, les travaux établis s'intéressent à la combinaison de plusieurs enzymes, un cocktail contenant des carbohydrases, une amylase et une protéase pourrait agir favorablement via une amélioration de la solubilisation des protéines et de l'amidon dans le chyme gastrique, ce qui réduirait la sécrétion de pepsine et d'HCl et entraînerait une diminution de la sécrétion intestinale de mucine et donc une diminution des pertes endogènes et une amélioration des digestibilités apparentes de certains acides aminés ainsi que de limiter l'activité de la microflore intestinale et de réduire les pertes endogènes d'azote (Beckers et Piron. 2009).



III.4. Avantages de l'utilisation des enzymes exogènes en aviculture:

L'utilisation des enzymes exogènes chez le poulet de chair inclut:

- Une réduction de la viscosité digestive. En effet, selon certains auteurs, l'utilisation des enzymes dans un régime à base de céréales riches en PNA tel que l'orge, le blé ou l'avoine réduit significativement la viscosité intestinale (Muramatsu et *al.*, 1992; Bedford et Classen, 1993; Gruppen et *al.*, 1993; Morgan et *al.*, 1995).
- Une meilleure assimilation des PNA contenus dans les céréales. Les enzymes dégradent ces derniers et augmentent de ce fait la digestibilité des glucides, réduisent la viscosité et améliorent l'utilisation des lipides (Almirall et *al.*, 1995; Khattak et *al.*, 2006)
- Une amélioration des performances et de la digestibilité des nutriments et une amélioration des valeurs nutritives des céréales (Choct et Annison, 1993)
- Une réduction de l'humidité des excréta qui a souvent été observée lors de supplémentation d'enzymes (Choct et Annison, 1990; Graham, 1996)
- Une prévention des coccidioses et une amélioration de la santé de l'animal (Morgan et Bedford, 1995)
- Une réduction de la pollution de l'environnement par les excréments qui contiendraient moins d'ammoniac et de phosphore (Khattak et *al.*, 2006)
- Changement des caractéristiques de la microflore digestive en modifiant les substrats présents dans le tractus digestif (Bouza et *al.*, 2010)

IV. Valorisation de l'orge par les enzymes exogènes:

Actuellement, les préparations enzymatiques commercialisées pour le traitement des orges sont des mélanges d'enzymes à activités multiples et variées. On y trouve des bêta-glucanases, des cellulases, des amylases, des hémicellulases, et des protéases (Benabdeldjelil, 1991).

Globalement, le succès des traitements enzymatiques des aliments à base d'orge est fonction de l'âge des animaux testés, de la nature et de la dose d'enzymes ajoutées, de la variété d'orge traitée et d'un ensemble d'autres facteurs de non moindre importance tels que les matières premières associées, la concentration énergétique des aliments et la présence ou non de matières grasses ajoutées (Benabdeldjelil, 1999). Cependant, pour une utilisation exacte de ces enzymes, il est nécessaire de connaître les principales activités présentes et leurs quantités dans les préparations et



les produits finis, leur stabilité, et les effets qu'ont ces enzymes sur les paramètres productifs et physiologiques (Doumandji, 2011)

Le degré d'amélioration obtenu lors de supplémentation d'enzymes dépend de différents facteurs (Allen *et al.*, 1995; Choct *et al.*, 1995; Bedford, 1996; Khattak *et al.*, 2006):

- Le taux de substitution du maïs par l'orge; différents résultats ont été obtenus.
- L'utilisation d'un complexe multienzymatique ou d'une seule enzyme
- L'association de l'orge avec d'autres céréales telle que le blé
- L'âge des animaux; les jeunes recevant une supplémentation enzymatique ont de meilleures performances que les animaux plus âgés.
- L'origine de l'orge; en effet celui de la région méditerranéenne contient moins de PNA que celui d'autres régions (Benabdeldjelil, 1991 et Alloui *et al.*, 2003)
- Les doses d'enzymes utilisées
- L'utilisation de l'orge broyée, farineuse ou granulée
- L'association d'enzymes avec d'autres promoteurs de croissance tel que les prébiotiques

De manière générale, les études effectuées concernant la supplémentation d'enzymes dans un régime à base d'orge ont présenté différents résultats, le tableau suivant (Tableau 4) résume quelques résultats obtenus par différents auteurs:



Tableau 4: Synthèse des résultats obtenus par différents auteurs

Auteur	Enzyme utilisé	% de substitution de l'orge	Age des poulets de chair	Conclusions
Rotter et <i>al.</i> (1989)	Bêta-glucanase	56% et 67%	0 à 6 semaines	Une amélioration du gain de poids
Benabdeldjelil (1991)	Complexe enzymatique	10, 20, 30 et 40%	0 à 8 semaines	Une amélioration du gain de poids avec 30 à 40% d'orge
Richter et <i>al.</i> (1994)	Cellulase et Bêta-glucanase	20%	0 à 6 semaines	Aucune influence sur les performances de croissance
MacLean et <i>al.</i> (1994)	Complexe enzymatique	0, 20, 40 et 60%	3 à 6 semaines	Amélioration du gain de poids et de l'indice de consommation
Elwinger et Teglöf (1991); Albustany (1996); Vranjes et <i>al.</i> (1996)	Bêta-glucanase et xylanase (Roxazyme®)	50%	1 à 44 j (Elwinger et Teglöf) 0 à 21 j (Albustany, Vranjes)	Meilleures performances dans un régime à base d'orge broyée que celui avec l'orge granulée
Yu et <i>al.</i> (1997, 2002)	Bêta-glucanase		0 à 6 semaines	Amélioration du gain de poids et du poids vif
Nahas et Lefrançois (2001)	Complexe enzymatique	De 0 à 20%	0 à 38 j	Amélioration la valeur nutritive de l'orge local
Mathlouthi et <i>al.</i> (2002)	Bêta-glucanase et xylanase	Association de l'orge et de blé	3 à 25 j	Amélioration des performances zootechniques et réduction des <i>Escherichia coli</i>
Alloui et <i>al.</i> (2003)	Enzymes NSP	In vitro	In vitro	Amélioration de la viscosité et de l'hydrolyse des PNA



Rosin et <i>al.</i> (2007)	Carbohydrases		0 à 6 semaines	Réduction des <i>Escherichia coli</i> et amélioration du gain de poids
Shakouri et <i>al.</i> (2009)	Complexe enzymatique		0 à 28 j	Amélioration des performances, augmentation des <i>Lactobacilles</i> et des villosités intestinale
Rebolé et <i>al.</i> (2010)	Complexe enzymatique	Orge associé au blé	7 à 35 j	Augmentation des villosités intestinales du Jéjunum et diminution de l'épaisseur des cryptes.
Mathlouthi et <i>al.</i> (2011)	Bêta-glucanase	30%	0 à 42 j	Performances équivalentes à celles obtenues avec un régime à base de maïs
Asadi et Eydivandi (2011)	Complexe enzymatique	0, 20 et 40%	0 à 6 semaines	Amélioration du gain de poids et réduction du coût de l'aliment.



Le but de notre étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation d'un complexe enzymatique (aux doses de 250 et 380 ppm) aux aliments à base d'orge (20% à 25%) sur les performances zootechniques et la flore coliforme totale du poulet de chair élevé durant un cycle complet de 49 jours.

I. Lieu, période et durée de l'essai

L'essai a été réalisé au niveau de la Station expérimentale des Monogastrique de l'Institut Technique des élevages (ITELV) de Baba Ali, Alger. Il s'est déroulé du 16 Décembre 2012 au 02 Février 2013 soit un cycle d'élevage complet de 49 jours.

II. Animaux

Un effectif de 1080 poussins d'un jour de souche ISA F15 Hubbard (sexes mélangés), issus d'un même couvoir (Dar El Beida, SIFAAC Sarl : Société Industrielle Fabricant d'Aliments et Accoureur) ont été pesés, triés et divisés en 3 groupes de 360 sujets de poids moyen homogène (36 gr). Chaque groupe est ensuite réparti de façon homogène dans 6 parquets à raison de 60 sujets par parquet soit une densité de 12 poussins /m². La répartition des lots au sein du bâtiment a été réalisée de manière à avoir une disposition homogène des sujets selon les traitements et régimes étudiés. Chaque sujet mort au cours des premières 48H a été pesé et remplacé par un autre du même poids.

III. Traitements expérimentaux

Dans cet essai, nous comparons les 3 traitements suivants :

- Un groupe T de poulets recevant en continu un aliment classique (Aliment de base) et ce durant toute la période de l'essai (de J0 à J49).
- Un groupe D1 de poulets recevant un aliment à base de 20% d'orge en phase de croissance (de J11 à J42) et à base de 25% d'orge en phase de finition (J42 à J49) avec ajout d'un complexe enzymatique à raison de 250g\ tonne d'aliment (250ppm).
- Un groupe D2 de poulets recevant un aliment à base de 20% d'orge en phase de croissance (de J11 à J42) et à base de 25% d'orge en phase de finition (J42 à J49) avec ajout d'un complexe enzymatique à raison de 380g\ tonne d'aliment (380ppm).

Chaque groupe compte 6 répétitions (6 parquets de 60 sujets).



IV. Aliments

L'aliment est de type farineux, fabriqué par le groupe avicole de l'Est «Filiale du groupe ONAB» Unité d'Oum El Bouaghi.

Tous les animaux reçoivent 3 types d'aliments standards adaptés aux trois phases d'élevage, à savoir :

- Un aliment « démarrage » distribué entre J1 et J10
- Un aliment « croissance » distribué entre J11 et J42
- Un aliment « finition » distribué entre J43 et J49

L'aliment est fourni *ad libitum* au même titre que l'eau de boisson et ce durant toute la période d'élevage (Figure 4).



Figure 4 : Distribution de l'aliment

La composition et les caractéristiques de chaque aliment sont présentées dans les tableaux suivants (Tableau 5, 6 et 7).



Tableau 5: Composition de l'aliment des Témoins

Phase	Démarrage	Croissance	Finition
<i>Matières premières (%)</i>			
Maïs	61,00	62,00	67,00
Tourteaux de soja	29,70	26,00	18,00
Son de blé	5,00	8,50	12,00
Phosphate bicalcique	1,67	1,60	1,00
Calcaire	0,60	0,90	1,00
CMV	1,00	1,00	1,00
CMV antistress	1,00	0,00	0,00
DL méthionine	0,03	0,00	0,00
<i>Caractéristiques (valeurs calculées)</i>			
EM (kcal/kg)	2860	2829	2835
Protéines brutes (%)	19,90	19,20	19,00
Méthionine (%)	0,51	0,50	0,40
Lysine (%)	1,04	1,00	0,96
Ca	1,00	1,00	1,11
P	0,52	0,42	0,50



Tableau 6: Composition de l'aliment du traitement Enzyme (250 ppm)

Phase	Démarrage	Croissance	Finition
<i>Matières premières (%)</i>			
Maïs	61,00	62,00	67,00
Tourteaux de soja	29,70	26,00	18,00
Son de blé	5,00	8,50	12,00
Phosphate bicalcique	1,67	1,60	1,00
Calcaire	0,60	0,90	1,00
CMV	1,00	1,00	1,00
CMV antistress	1,00	0,00	0,00
DL méthionine	0,03	0,00	0,00
Complexe enzymatique	0	0,025	0,025
Orge	0	20,00	25,00
<i>Caractéristiques (valeurs calculées)</i>			
EM (kcal/kg)	2860	2829	2835
Protéines brutes (%)	19,90	19,20	19,00
Méthionine (%)	0,51	0,50	0,40
Lysine (%)	1,04	1,00	0,96
Ca	1,00	1,00	1,11
P	0,52	0,42	0,50

**Tableau 7:** Composition de l'aliment du traitement Enzyme (380 ppm)

Phase	Démarrage	Croissance	Finition
<i>Matières premières (%)</i>			
Maïs	61,00	62,00	67,00
Tourteaux de soja	29,70	26,00	18,00
Son de blé	5,00	8,50	12,00
Phosphate bicalcique	1,67	1,60	1,00
Calcaire	0,60	0,90	1,00
CMV	1,00	1,00	1,00
CMV antistress	1,00	0,00	0,00
DL méthionine	0,03	0,00	0,00
Complexe enzymatique	0	0,038	0,038
Orge	0	20,00	25,00
<i>Caractéristiques (valeurs calculées)</i>			
EM (kcal/kg)	2860	2829	2835
Protéines brutes (%)	19,90	19,20	19,00
Méthionine (%)	0,51	0,50	0,40
Lysine (%)	1,04	1,00	0,96
Ca	1,00	1,00	1,11
P	0,52	0,42	0,50

IV.1.Modalités de la supplémentation en enzymes:

La complémentation alimentaire en enzymes a été appliquée, pour les lots D1 et D2, de la phase de croissance (J11) jusqu'à l'abattage (J49).

L'enzyme utilisé pour cet essai est un complexe enzymatique à base de 4 enzymes (Bêta-glucanase, protéases, pentosanases et amylase), commercialisé sous l'appellation de *Bergazym*[®], fabriqué par le groupe Berg+Schmidt (Allemagne) et distribué par la Sarl DOUDAH (Algérie). Ce produit se



distingue par son excellente stabilité à la chaleur et par ses vastes champs d'application, de plus il n'est pas modifié génétiquement.

V. Bâtiment d'élevage:

L'essai a été réalisé dans un bâtiment à condition d'ambiance contrôlée, ayant une superficie de 296,1 m². Ce dernier est divisé en deux blocs de 12 parquets de 5,27 m² de surface chacun, disposés de part et d'autre d'un couloir central. La ventilation est dynamique, assurée par des clapets pour l'entrée d'air et l'extraction des gaz est réalisée par cinq extracteurs (3 petits et 2 grands). Chaque parquet contient une mangeoire et un abreuvoir et le chauffage est assuré par un radiateur à gaz butane (Figure 5).



Figure 5 : Vues (extérieure et intérieure) du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai

Équipements d'élevage:

- **Le matériel d'alimentation** utilisé est adapté à l'âge des animaux : des assiettes pendant les 11 premiers jours et des trémies suspendues dont la hauteur est réglable selon la taille des poulets, du 11ème jour jusqu'à l'abattage. Des mangeoires linéaires sont rajoutées pour optimiser l'accès aux mangeoires.
- **Le matériel d'abreuvement** du 1er âge correspond à 2 abreuvoirs siphoniques à remplissage manuel. Un abreuvoir 2ème âge siphonique automatique est installé à partir du 11ème jour. Durant tout l'essai, l'eau est fournie *ad libitum*.
- **La litière** est composée de sciure de bois d'une épaisseur de 10cm, répartie sur un sol cimenté et chaulé. Au démarrage, les poussins sont rassemblés dans des nids au centre du parquet, ensuite, durant le reste de l'élevage, tout l'espace est utilisé. La litière a été étalée de façon uniforme pour



conserver la chaleur et absorber l'humidité des fientes.

VI. Programme de prophylaxie:

Le protocole prophylactique suivi lors de cet essai figure dans le tableau. L'ensemble des vaccins et traitements utilisés ont été administrés per os (dans l'eau de boisson).

Tableau 8: Programme de prophylaxie appliqué durant l'essai.

Age en (J)	Vaccinations	Mode d'administration
1	Anti-stress Linco-Spectin 10V 1g/L (J1-J8)	Eau de boisson
6	Anti coliformes et E.Coli + Vaccin Contre la maladie de Newcastle (souche vaccinale HBI). Colistine 0,25ml/L (J6-J8)	Eau de boisson
9	Vitamine (AD3E+C) Supra.vitaminol 10ml/20L (J9-J14)	Eau de boisson
14	Contre la maladie de Gumboro (souche vaccinale D78)	Eau de boisson
17	Traitement anticoccidien pendant 02 jours CEVAZURIL® (toltrazuril) 270ml/500L	Eau de boisson
21	Rappel de vaccination contre la maladie de Newcastle (souche vaccinale La Sota)	Eau de boisson
31	Rappel traitement anticoccidien pendant 02 jours CEVAZURIL® (toltrazuril) 270ml/500L	Eau de boisson



VII. Paramètres mesurés

VII.1. Mesure des performances zootechniques

Poids vif moyen

Tous les poulets ont été pesés à J1, J10, J35, J42 et J49 (pesées collectives par parquet). Pour chaque âge, le poids moyen individuel est obtenu en divisant le poids total des animaux de chaque parquet sur l'effectif des poulets pesés.

$$\text{Poids vif moyen (g)} = \text{Poids total des sujets (g)} / \text{Nombre des sujets}$$

Gain de poids

Le gain de poids est estimé par différence entre le poids vif moyen final et initial de la période considérée. Il est déterminé à la fin de chaque phase d'élevage (démarrage, croissance et finition) et à l'abattage (gain de poids cumulé) selon la formule suivante :

$$\text{Gain de poids (g)} = \text{Poids Vif Moyen Final (g)} - \text{Poids Vif Moyen Initial (g)}$$

Ingéré alimentaire

La quantité moyenne d'aliment consommé est calculée, pour chaque phase d'élevage (démarrage, croissance et finition), par différence entre la quantité d'aliment distribuée en début et le refus mesuré à la fin de chaque phase. Afin d'estimer la quantité réelle d'aliment consommée, cette dernière a été ajustée en considérant l'effectif présent pendant la période considérée, selon la formule suivante :

$$\text{Quantité moyenne d'aliment consommé (g)} = (\text{Quantité d'aliment distribué} - \text{refus}) \times \text{durée de la phase (J)} \setminus (\text{Nombre de poussins présents})$$

La consommation cumulée moyenne (g) correspond à la somme des quantités moyennes d'aliment consommé aux 3 phases d'élevage.

Indice de conversion alimentaire

L'indice de conversion (IC) est calculé pour chaque phase d'élevage et pour la période globale du



cycle d'élevage (IC cumulé), comme suit :

$$\text{Indice de Conversion} = \text{Ingéré alimentaire (g)} / \text{poids vif (g)}$$

Taux de mortalité

La mortalité a été enregistrée chaque jour (en matinée) durant toute la période de l'essai. Le taux de mortalité est calculé comme suit :

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \text{nombre de poulets morts} \times 100 / \text{effectif présent en début de phase}$$

VII.2. Étude économique

Index de production

Ce paramètre est calculé en considérant le gain de poids moyen quotidien (GMQ), la viabilité et l'indice de consommation, selon la formule suivante:

$$\text{viabilité} = 100\% - \text{taux de mortalité}$$

$$\text{GMQ} = \text{Gain de poids} / \text{nombre de jours}$$

$$\text{IP} = (\text{GMQ} \times \text{viabilité}) / (\text{Indice de consommation} \times 10)$$

VII.3. Etude de la flore coliforme digestive

L'étude a porté sur la recherche et le dénombrement des lactobacilles et d'*Escherichia coli* (*E. coli*), dans les fientes pendant la période d'élevage. Ces mesures ont été réalisées à J49.

Ainsi, pour chaque parquet, les fientes de 3 sujets, de poids représentatif de leur groupe, ont été prélevées à l'aide d'écouvillons stériles enfoncés à environ 3cm dans le cloaque.

Au total 54 échantillons ont été prélevés, trois écouvillons sont obtenus de chaque parquet, en vue de constituer un pool par parquet soit au total 18 pools (6 pools par traitements).

Ces écouvillons ont été rapidement placés dans une glacière et acheminés vers le laboratoire de Microbiologie de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.



Préparation de l'échantillon

Les écouvillons de chaque prélèvement ont été placés dans un flacon stérile contenant 25mL de TSE (Tryptone-Sel-Eau). Cette solution constitue la suspension mère pour les dilutions décimales (Norme internationale ISO 6887-1:1999). Des dilutions successives de cette dernière ont été réalisées dans des tubes à essai stériles jusqu'à la dilution 10^{-7} (figure).



Figure 6 : Matériel de dilution

L'ensemencement

Recherche d'*Escherichia coli*

Pour la recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* (*E.coli*), 1ml des dernières dilutions 10^{-7} , 10^{-6} et 10^{-5} ont été ensemencés en double couche et en profondeur dans des boites de pétri contenant de la gélose VRBL (gélose lactosée au cristal violet et au rouge neutre) solide fondue et refroidie recouverte d'une autre couche de la gélose VRBL, par la suite une fois refroidi et gélifié ces boites de pétri ont été incubées à 44°C pendant 48h (Figure 7).



Figure 7 : Ensemencement sur double couche des *E. coli* sur le milieu VRBL



Cette étape est suivie par une étape de confirmation sur gélose lactosée au bromocrésol pourpre (BCP) et gélose à l'éosine et bleu de méthylène (EMB).

Seules les boîtes ayant des colonies bien développées, bien séparées et non contaminées par des levures ou moisissures ont été retenues en vue d'en apprécier l'aspect, la forme, la taille, la couleur ainsi que leur nombre.

Le dénombrement des bactéries (*E. coli*) se fait en appliquant la formule de calcul suivante:

$$N = nE * nd * 10^x \setminus np$$

nE: est le nombre de colonies d'*E. coli* identifiées

nd: est le nombre de colonies caractéristiques dénombrés

np: est le nombre de colonies caractéristiques prélevées

10^x est l'inverse du taux de dilution correspondant

Confirmation microscopique et biochimique

Les colonies caractéristiques sur les milieux BCP et EMB ont été repiquées sur de la gélose nutritive inclinée (GNI) et incubées à 37°C pendant 24h.

A partir ces cultures pures, une coloration Gram a été réalisée avec une observation au microscope. Une identification biochimique d'*E. coli* a été effectuée par les tests biochimiques IMVIC (Indole, Rouge Méthyle, Voges Prauskauer, Citrate), ainsi que des tests réalisés sur le milieu kligler-Hajna pour l'étude l'utilisation de glucose, lactose et la production de gaz et d'H₂S par les entérobactéries.

Tous ces tests biochimiques ont été incubés dans l'étuve à 37°C pendant 24h (figure).

VII. Étude statistique

Les différents résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de la déviation standard SD selon la formule $SE = SD/n^{0,5}$; n étant le nombre de répétitions). Les résultats sont soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA) afin de déterminer l'effet de la supplémentation en enzyme sur les paramètres considérés. Les moyennes sont comparées deux à deux par le test PLSD Fisher. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5% (p<0,05).

Toutes ces analyses sont effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).



Dans notre étude, nous évaluons l'effet de l'incorporation d'un complexe enzymatique (aux doses de 250 et 380 ppm) aux aliments « croissance » et « finition » contenant 20 et 25% d'orge, respectivement, sur les performances zootechniques et la flore coliforme totale du poulet de chair.

I. Performances zootechniques

I.1. Mortalité

Les taux de mortalité enregistrés durant l'essai chez les 3 lots expérimentaux sont mentionnés dans le tableau 9 et illustrés par la figure 8.

L'analyse statistique (ANOVA) montre qu'il n'y a pas d'effet « Enzyme » sur les taux de mortalité relevés, et ce quelque soit la période d'élevage considérée. En effet, les taux de mortalités relevés chez les différents lots ne sont pas significativement différents. Notons, toutefois, la mortalité cumulée enregistrée chez le groupe recevant la dose de 380ppm semble plus élevée que celle observée chez les témoins : 4,5% vs 1,7% ($p=0,06$).

Tableau 9: Taux de mortalité (%), par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; n= 6 répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne).

Lot	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA (p=)
		250 ppm	380 ppm		
Mortalité (%)					
Démarrage (J1 à J10)	1,39	1,94	3,06	0,74	0,31
Croissance (J11 à J42)	0,29	1,13	1,15	0,50	0,48
Finition (J43 à J49)	0,00	0,50	0,28	0,19	0,62
Cumulée (J1 à J49)	1,68	3,36	4,48	0,99	0,17

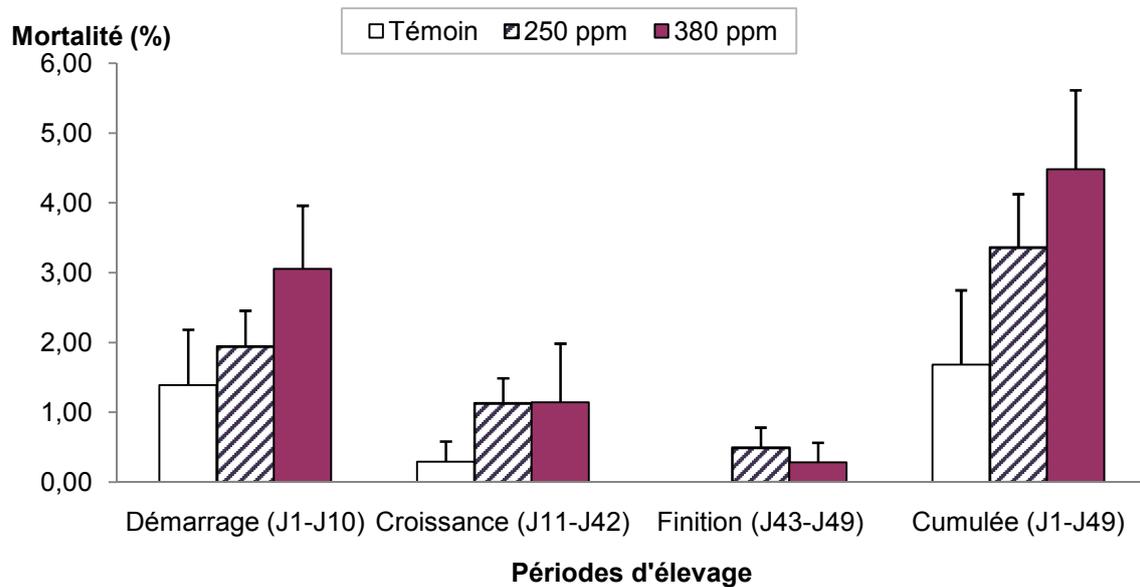


Figure 8: représentation graphique des taux de mortalité, par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes \pm SE ; n = 6 répétitions de 60 sujets).

1.2. Poids vif et gain de poids

Les valeurs moyennes de poids vifs et de gain de poids mesurés durant l'essai sont reportées dans le tableau 10 et illustrées par les figures 9 et 10.

Au début de l'essai (J1), les poulets des différents lots expérimentaux avaient des poids vifs initiaux quasi similaires : 36 ± 1 g. De même, au début de la supplémentation en enzymes (à J10), les poids vifs des poulets n'étaient pas significativement différents : PV moyen de l'ordre de 148 ± 23 g.

D'après l'ANOVA, Il n'y a pas d'effet significatif de la supplémentation en enzyme sur le poids vif et le gain de poids des poulets en période de croissance ou de finition. Néanmoins, pour la période cumulée, l'effet de ce traitement tend à être significatif ($p=0,10$).

En effet, la supplémentation en enzymes n'a pas amélioré les poids vifs et les gains de poids en phase de croissance ou en phase de finition.

Si l'on considère la période globale de l'élevage, les poulets supplémentés avec la dose de 250ppm présentaient une croissance similaire à celle des témoins, alors que ceux recevant une dose



d'enzymes supérieure (380ppm) avaient une croissance amoindrie: baisse de l'ordre de 3% par rapport aux témoins ($p < 0,05$).

Tableau 10: Poids vif moyen et gain de poids moyen, phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; n= 6 répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne

Lot	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA (p=)
		250 ppm	380 ppm		
Poids vif (g)					
J 1	35	36	37	0	0,31
J 10	150	144	150	2	0,25
J 42	1941	1908	1908	25	0,61
J 49	2323	2306	2246	24	0,10
Gain de poids (g)					
Démarrage (J1 – J10)	114	108	113	3	0,27
Croissance (J11 – J42)	1791	1763	1759	23	0,63
Finition (J43 – J49)	382	399	337	32	0,39
Cumulée (J1 – J49)	2288 ^a	2270 ^{ab}	2209 ^b	24	0,10

a-b Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$)

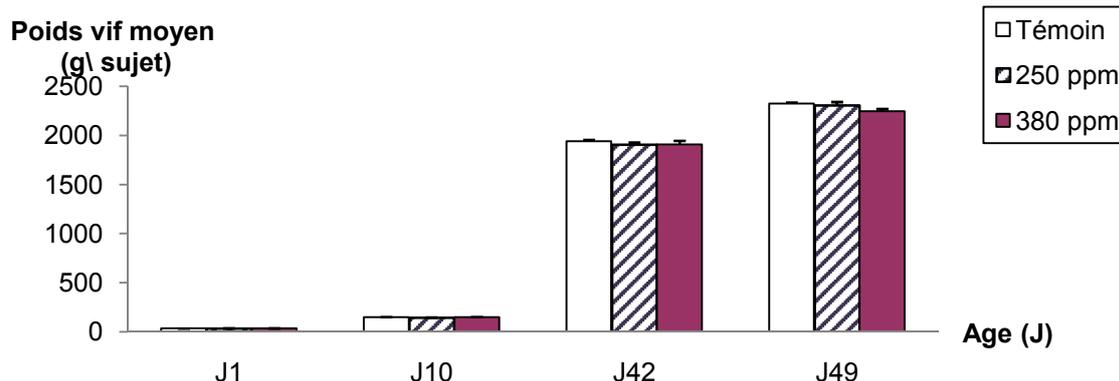


Figure 9 : Poids vif moyen par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes \pm SE ; n= 6 répétitions de 60 sujets).

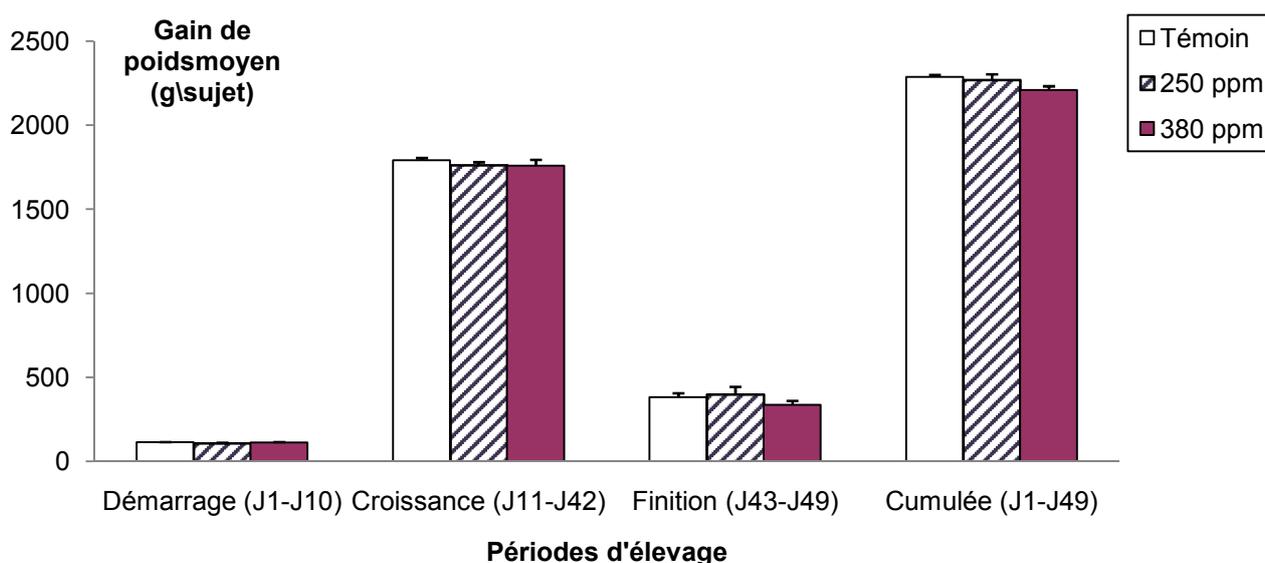


Figure 10: Gain de poids moyen, par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes \pm SE ; n= 6 répétitions de 60 sujets).

1.3. Consommation alimentaire

Les quantités d'aliments consommées durant l'essai par les poulets des trois lots expérimentaux sont présentées dans le tableau 11 et la figure 11.

D'après l'analyse de variance, l'effet « Enzyme » tend à être significatif sur l'ingéré en phase de Croissance et de Finition et devient significatif sur l'ingéré cumulé en fin d'essai ($p < 0,05$).



La supplémentation alimentaire en enzymes à la dose de 250ppm n'a pas modifié la consommation alimentaire pour la période de croissance (écart non significatif d'environ 2% par rapport aux témoins ; $p=0,41$), alors qu'elle a significativement réduit celle de la phase de finition (-15% ; $p<0,05$). Aussi, la consommation globale de ce groupe de poulets tend à être plus faible pour la période cumulée en comparaison des animaux témoins (-5% ; $p= 0,06$).

En revanche, l'apport des enzymes exogènes à une dose plus élevée (380ppm) a significativement réduit ($P<0,05$) la quantité d'aliments ingérés quelque soit la période considérée : -6% en phase de croissance, -9% en phase de finition et -6% pour la période cumulée de J0 à J49 en comparaison avec les lots témoins.

Tableau 11: Ingéré alimentaire moyen, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; $n= 6$ répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne).

Lot	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA ($p=$)
		250 ppm	380 ppm		
<i>Ingéré alimentaire (g)</i>					
Démarrage (J1 à J10)	222	231	226	9	0,91
Croissance (J11 à J42)	3696	3617	3480	56	0,10
Finition (J43 à J49)	1329 ^a	1127 ^b	1208 ^{ab}	50	0,09
Cumulée (J1 à J49)	5251 ^a	4974 ^b	4914 ^b	91	0,05

a-b Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p<0,05$)

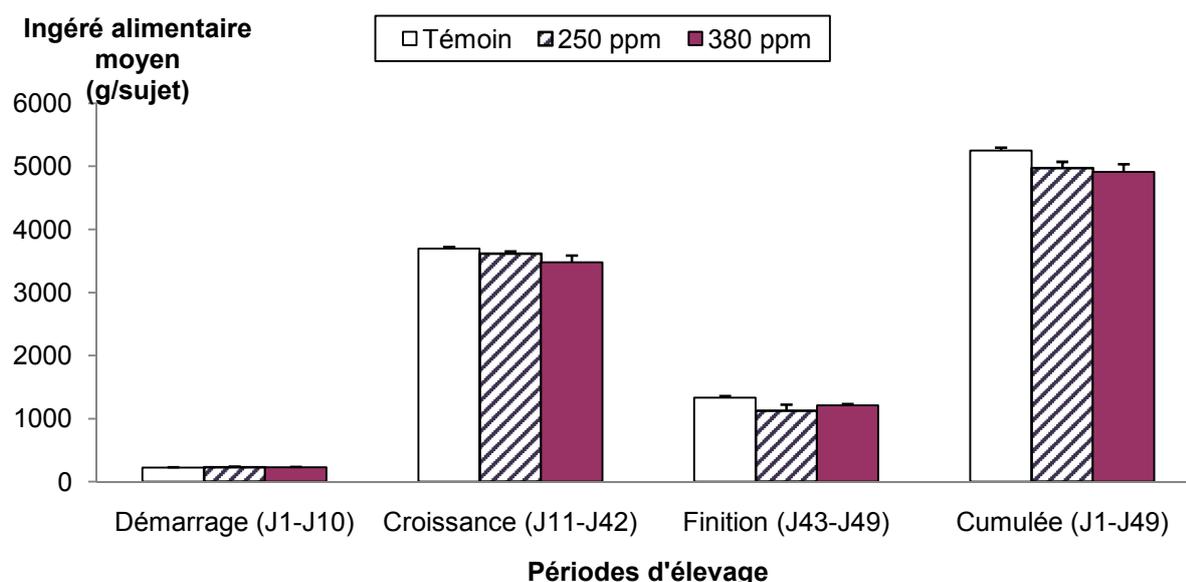


Figure 11 : Ingéré alimentaire moyen, par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes \pm SE ; n= 6 répétitions de 60 sujets).

1.4. Indice de Conversion alimentaire

Les indices de conversion (IC) déterminés durant l'expérimentation sont présentés dans le tableau 12 et la figure 12.

L'analyse statistique (ANOVA) ne révèle aucun effet significatif de la supplémentation en enzymes sur l'indice de conversion durant toutes les phases de l'élevage.

Quelque soit la dose d'enzymes utilisée, les indices de conversions des poulets ne sont pas significativement améliorés par rapport à ceux calculés pour les témoins non supplémentés.

Néanmoins, les IC des poulets supplémentés avec 250ppm d'enzymes semblent meilleurs que ceux des poulets témoins : - 16% en finition ($p=0,19$) et de - 4% en période cumulée ($p=0,17$).



Tableau 12: Indice de conversion alimentaire (IC) des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; n= 6 répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne).

Lot	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA (p=)
		250 ppm	380 ppm		
IC					
Démarrage (J1 à J10)	1,94	2,13	2,00	0,07	0,21
Croissance (J11 à J42)	2,06	2,05	1,99	0,04	0,56
Finition (J43 à J49)	3,54	2,97	3,68	0,27	0,22
Cumulée (J1 à J49)	2,26	2,16	2,19	0,04	0,36

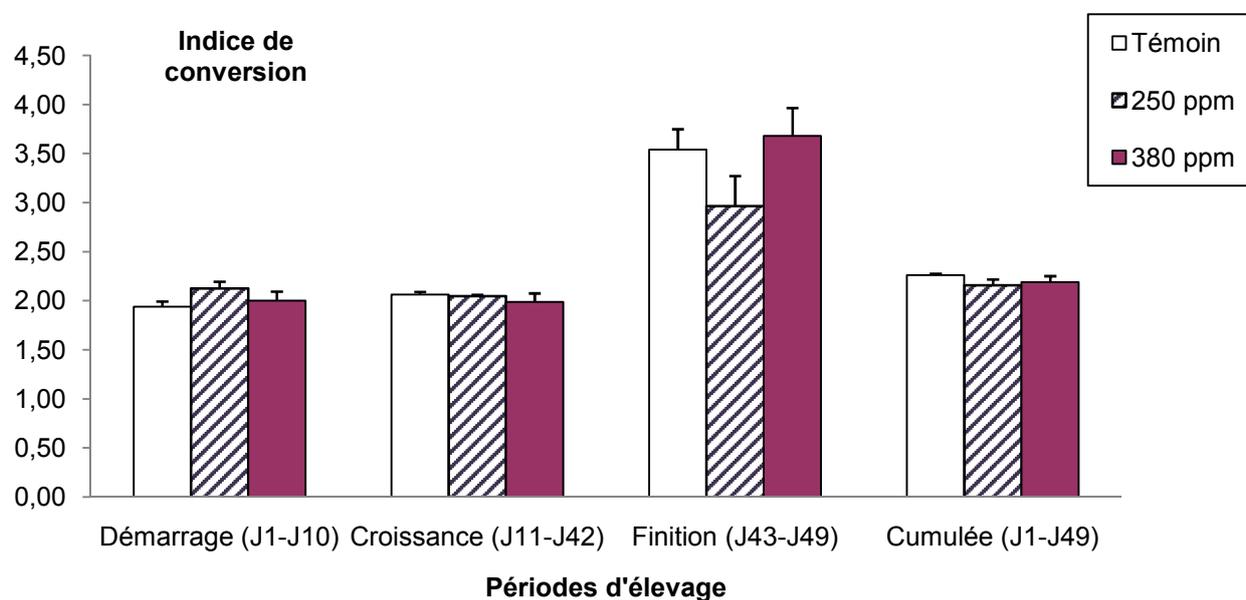


Figure 12 : Indice de conversion alimentaire, par phase d'élevage et cumulée, des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes \pm SE ; n= 6 répétitions de 60 sujets).



II. Etude économique:

Le tableau (Tableau 13) représente les valeurs moyennes de l'index de production (IP) calculés à la fin de l'essai, chez les 3 lots, à partir du gain moyen quotidien (GMQ), de la viabilité (%) et de l'indice de consommation.

D'après l'analyse statistique, l'effet de la supplémentation en enzyme n'est pas significatif sur l'index de production, l'indice de consommation, la viabilité, ou le GMQ. Néanmoins, pour ces deux derniers paramètres, l'effet « enzymes » tend à être significatif.

L'apport d'enzymes à la dose de 250ppm, n'a modifié ni le GMQ, ni la viabilité mais semble améliorer l'indice de consommation final (-4% par rapport aux témoins ; $p=0,17$).

En revanche, l'aliment contenant une dose supérieure d'enzymes (380ppm) altère le GMQ (-3% ; $p<0,05$) et la viabilité des poulets (-3% ; $p=0,06$) sans affecter significativement l'indice de consommation (écart non significatif de 3% ; $p=0,33$).

Globalement, quelque soit la dose d'enzymes utilisée, les index de productions ne sont pas statistiquement différents entre les 3 lots : baisses non significatives ($p>0,60$) de l'IP de -2 et -6%, respectivement pour les sujets supplémentés avec 250 et 380ppm d'enzymes, comparés aux témoins.

Tableau 13 : Index de production (IP), gain moyen quotidien (GMQ), indice de consommation et viabilité des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; $n= 6$ répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne).

	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA ($p=$)
		250 ppm	380 ppm		
GMQ (g/j)	46,68 ^a	46,33 ^{ab}	45,08 ^b	1,13	0,10
Viabilité (%)	98,32	96,64	95,52	2,21	0,17
Indice de consommation	2,26	2,16	2,19	0,09	0,36
IP	203	207	197	13,85	0,57

a-b Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p<0,05$)



III. Flore totale coliforme:

Les résultats relatifs au nombre total des coliformes, mesurés à la fin de l'essai chez des poulets représentatifs de chaque lot (n=6 pools de 3 sujets) sont présentés dans le tableau 14 et la figure 13.

L'ANOVA révèle un effet « Enzyme » hautement significatif sur le nombre de la flore coliforme totale. En effet, l'ajout d'enzymes à l'aliment a significativement réduit le nombre total d'*Escherichia coli* (*E. coli*), surtout avec la dose la plus élevée : -87% (p<0,0001) et -63% (p<0,01), respectivement pour les doses de 380 et 250 ppm, en comparaison avec les témoins.

Tableau 14: Nombre total d'*E. coli* mesuré à l'âge de 49 jours chez des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ; n= 6 répétitions de 60 sujets ; SEM=erreur standard moyenne).

	Témoin	Enzyme		SEM	ANOVA (p=)
		250 ppm	380 ppm		
Nombre total d'<i>E. coli</i> / pool (log de 10 UFC)	3,16 ^a	1,17 ^b	0,4 ^b	0,28	0,0003

a-b Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (p<0,05)

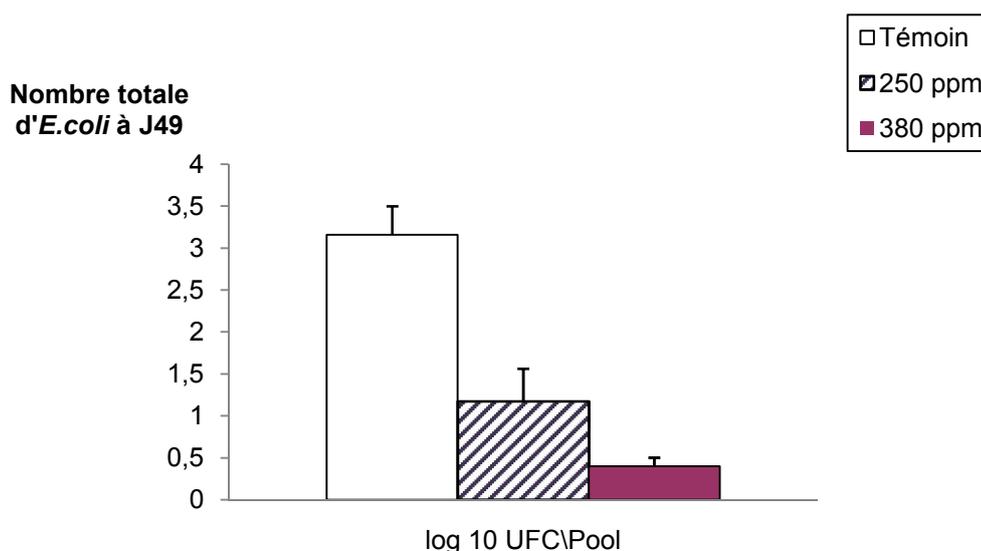


Figure 13 : Nombre total d'*Escherichia coli* mesuré à l'âge de 49 jours chez des poulets nourris avec un aliment standard (lot Témoin) ou supplémenté en enzymes (lot enzyme) à la dose de 250 ppm ou 380 ppm (moyennes ±SE ; n= 6 répétitions de 60 sujets).



Notre objectif, dans cet essai, était d'évaluer, dans nos conditions locales, l'intérêt de la supplémentation en enzymes exogènes de l'aliment à base d'orge du poulet de chair. Plus précisément, nous avons examiné l'impact d'un complexe enzymatique incorporé aux doses de 250 et 380 ppm à un aliment titrant 20% à 25% d'orge (selon l'âge) sur les performances zootechniques et la flore coliforme totale du poulet de chair élevé durant un cycle complet de 49 jours.

Aspects méthodologiques

Dans cette étude, l'aliment de base utilisé en phase de croissance et de finition contenait respectivement 20 et 25% d'orge broyée. L'emploi d'additifs enzymatiques dans ces conditions vise à valoriser globalement l'orge distribuée aux poulets. Les préparations enzymatiques actuellement commercialisées pour le traitement des orges sont des mélanges d'enzymes à activités multiples et variées, comportant des bêta- glucanases, des cellulases, des amylases, des hémicellulases, et des protéases (Benabdeljalil et Arbaoui, 1994 ; Beckers et Piron, 2009).

Le complexe enzymatique employé dans cet essai correspond à une préparation commerciale autorisée par la DSV (Direction des Services Vétérinaires, Algérie), composée d'un mélange de 4 enzymes (Bêta-glucanase, protéases, pentosanases et amylase) dégradant les PNA mais aussi les facteurs antinutritionnels qui se trouvent dans l'orge.

Les deux doses utilisées sont soit celle préconisée par le fabricant (250ppm) ou une dose supérieure (380 ppm) en adéquation avec le taux élevé d'orge inclus dans l'aliment.

L'incorporation d'enzyme a été appliquée à partir du 11ème jour d'âge jusqu'à l'abattage (J49), c'est-à-dire en concomitance avec l'inclusion de l'orge dans les aliments « croissance » et « finition ».

Il est vrai que de nombreuses études préconisent une supplémentation enzymatique dès la mise en place (à J0), du fait de l'immaturation du tube digestif du poussin et donc de l'absence d'enzymes digestives nécessaires à la digestion ; ceci optimiserait l'effet de l'enzyme incorporée (Allen et *al.*, 1995; Choct et *al.*, 1995; Bedford, 1996 ; Khattak et *al.*, 2006 ; Doumandji, 2011).



Cependant, selon MacLean et al. (1994), l'ajout d'une préparation enzymatique dans les régimes à base d'orge à partir de 3 semaines d'âge, induit une croissance meilleure à 6 semaines d'âge par rapport à une supplémentation en enzymes entre 0 et 6 semaines d'âge, révélant une meilleure réponse aux enzymes exogènes chez les poulets plus âgés par rapport aux plus jeunes.

L'immatunité du tube digestif observé chez les jeunes poussins explique également la raison de l'inclusion de l'orge à un âge avancé (10J). L'orge utilisée dans cette étude est une orge broyée, qui selon des études, donne de meilleurs résultats que l'orge granulé. En effet, le broyage facilite la dégradation de l'orge au niveau du tractus digestif du poulet (Elwinger et Teglöf, 1991; Albustany, 1996 ; Vranjes et *al.*, 1996).

Effet de la supplémentation enzymatique sur la mortalité

Dans notre essai, le taux de mortalité cumulée des sujets supplémentés en enzymes était en moyenne de $3,9\% \pm 0,6$. Ces taux s'inscrivent dans le même ordre de ceux habituellement enregistrés au sein de la station ITELV de Baba-Ali. Néanmoins, ils semblent légèrement supérieurs à ceux des témoins où la mortalité ne dépassait pas $1,7\% \pm 1,07$. Notons, que ces valeurs de mortalités plus élevées chez les animaux supplémentés en enzymes est à relier à un nombre de morts supérieur en période de démarrage, soit avant le début de la supplémentation.

L'absence d'effet de la supplémentation alimentaire en enzymes sur la survie des poulets a également été rapportée par d'autres auteurs (MacLean et *al.*, 1994 ; Doumandji, 2011).

Effet de la supplémentation enzymatique sur les performances de croissance

Dans nos conditions, l'ajout des enzymes à l'aliment à base d'orge diminue la quantité globale de l'ingéré alimentaire (-6% en moyenne ; $p < 0,05$). Cette baisse est plus significative avec la dose d'additifs la plus élevée (380 ppm).

D'après certaines études, la consommation d'aliments est plus élevée avec les régimes supplémentés en enzymes, car l'utilisation de ces dernières, diminuerait le temps de rétention des digesta au niveau du gésier et de l'intestin et augmenterait la motilité intestinale (Perttilä et *al.*, 2001 ; Gabriel,



2005 cités par Doumandji, 2011). Cette augmentation de l'ingéré induite par les enzymes exogènes a été mentionnée pour des régimes de type maïs-soja ou lors d'alimentation séquentielle (inclusion de graines entières d'orge à raison de 10% de l'aliment) (Doumandji, 2011).

Néanmoins, d'après Benabdeldjelil (1999), l'inclusion de 15, 20 ou 25% d'orge locale marocaine dans des aliments de poulet de chair, sans ajout d'enzymes, distribués durant 47 jours, donne lieu à des niveaux de performances comparables à ceux de lots témoins ayant 0 à 10% d'orge.

Dans la présente étude, la réduction de l'ingéré induite par la supplémentation en enzymes à la dose préconisée n'a pas affecté significativement la croissance des poulets. En effet, l'apport d'enzymes associé à l'incorporation de farine d'orge n'a pas amélioré les poids vifs et les gains de poids des poulets comparés à leurs homologues sans additifs enzymatiques (écart de 1%). En revanche, l'incorporation d'une doses supérieure (380ppm) a altéré le gain de poids cumulé (-3%, $p < 0,05$).

Pourtant, d'après Uzu et Sassi (2005), l'emploi d'enzymes exogènes avec différents types d'aliments (maïs, orge ou blé-tourteau de soja) induit des effets bénéfiques sur la croissance des poulets de chair en augmentant gain de poids d'environ 1,6 à 3,4% selon les matières premières utilisées.

Finalement, dans notre essai, l'apport d'enzymes dans les rations à base d'orge s'est révélé négatif sur la croissance dans la mesure où il n'a pas valorisé l'orge distribuée aux poulets. Il est vrai que l'orge est une céréale connue pour être très riche en bêta-glucanes et en xylanes qui constituent des facteurs antinutritionnels générateurs d'un certain nombre de problèmes digestifs. Les glucanases contenues dans le complexe enzymatique additionné à l'aliment sont normalement capables d'hydrolyser une bonne partie des PNA améliorant ainsi la digestibilité des nutriments dans l'intestin grêle et réduisant la viscosité du contenu digestif (Fuente et *al.*, 1995 ; Huyghebaert et *al.*, 1995 ; Scott et *al.*, 2001 ; Timmler et *al.*, 2001). L'amélioration de la croissance induite par les additifs enzymatiques décrite par plusieurs études (Almirall et *al.*, 1993; Doumandji, 2011) n'est pas observée dans nos conditions. Ceci s'expliquerait, peut-être, par le fait que, l'apport d'enzymes n'aie pas été appliqué dès la mise en place comme dans les autres études.



Globalement, nos résultats montrent que l'apport d'enzymes associé à l'incorporation de farine d'orge a réduit la consommation alimentaire sans affecter considérablement la croissance, améliorant ainsi sensiblement l'indice de conversion. Ceci traduirait une meilleure efficacité de transformation alimentaire. Cet effet positif sur l'IC n'a pas été rapporté par Doumandji (2011) où les variations de croissance et d'ingéré étaient de même amplitude.

Effet de la supplémentation enzymatique sur l'index de production

Dans cet essai, l'index de production (IP) a été estimé à la fin de l'élevage. Il s'agit d'une variable synthétique qui met en évidence la rentabilité d'un élevage en portant une appréciation globale sur ses performances technico-économiques. Cet index, intégrant le gain de poids moyen, l'indice de consommation et le taux de viabilité, est considéré comme médiocre s'il est inférieur ou égal à 50; moyen s'il est compris entre 50 et 100 ; acceptable lorsqu'il est compris entre 100 et 150 et bon lorsqu'il est entre 150 et 250 (LAIFAOUÏ *et al.*, 2005). D'après nos estimations, les index de production obtenus chez les deux groupes supplémentés en enzymes et chez les témoins dépassent les 190 et sont donc considérés comme bons avec un léger avantage pour le lot supplémenté avec la dose préconisée (250ppm) (IP= 207) par rapport au lot témoin (IP=203) ou celui supplémenté avec une dose supérieure (380ppm) (IP= 197).

Effet de la supplémentation enzymatique sur la flore coliforme totale

Dans notre expérimentation, l'incorporation d'enzymes a réduit significativement le nombre total d'*Escherichia coli* au niveau digestif et ce quelque soit la dose utilisée (-75% en moyenne, $p < 0,01$). Ce résultat confirme les données obtenues par d'autres auteurs qui signalent des variations de la flore digestive selon le type de céréales (présentant des taux élevés de polysaccharides non amylacés) ou leur mode de présentation (Doumandji, 2011). Ainsi, Mathlouti (2002) et Rosin (2007) observent un accroissement des populations bactériennes anaérobies facultatives, dont les lactobacilles avec une réduction des coliformes, avec un régime à base de blé et d'orge en substitution du maïs.

La réduction de la flore coliforme enregistrée dans notre étude, laisse supposer un pH plutôt acide défavorable au développement de la flore indésirable (Khattak *et al.*, 2006).



La présente étude nous a permis d'évaluer, dans nos conditions d'élevage, l'impact de l'emploi de complexes enzymatiques (Bêta-glucanase, protéases, pentosanases et amylase) avec des régimes incluant 20 à 25% d'orge en croissance et finition, sur les paramètres zootechniques et la flore coliforme des poulets de chair.

Globalement, dans nos conditions, et quelque soit la dose utilisée (250 ppm ou 380ppm), la supplémentation alimentaire en enzymes n'a pas significativement modifié la survie ou la croissance des poulets mais a réduit l'ingéré, améliorant ainsi l'indice de conversion cumulé. Au vu de nos résultats, la dose de 250ppm semble meilleure que celle de 380ppm.

De même, l'apport d'enzymes exogènes dans l'aliment n'a pas permis d'améliorer significativement les index de production, et ce quelque soit la dose d'enzymes utilisée dans les aliments. Ces paramètres étaient considérés comme bons pour l'ensemble des lots expérimentaux.

Enfin, la supplémentation en enzymes a significativement réduit le nombre total de bactéries coliformes, traduisant un impact positif sur cette flore indésirable.

Des études ultérieures devraient préciser ces impacts positifs des enzymes exogènes sur l'efficacité de transformation alimentaire et de la flore digestive, avec de plus grands effectifs. En outre, la durée de la supplémentation gagnerait à être initiée dès la mise en place des poussins en vue de renforcer l'équipement enzymatique endogène et potentialiser le développement de la flore bénéfique du poulet.



A

- Abudabos A. (2010).** « Enzyme supplementation of corn-soybean meal diets improves performance in broiler chicken ». *International Journal of Poultry Science* 9, n° 3: 292–297.
- Ahmed S., M. B. Rashid, N. S. Lucky, N. Ahmad, et M. Myenuddin (2007).** « Effect of enzyme and vitamin supplementation on physio-biochemical parameters in broiler chickens ». *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine* 5, n° 1: 55–58.
- Alam M. J., M. A. R. Howlader, M. A. H. Pramanik, et M. A. Haque (2003).** « Effect of exogenous enzyme in diet on broiler performance ». *Int. J. Poult. Sci* 2, n° 2: 168–173.
- Alloui-Lombarkia O., Zemmouri F., Smulikowska S., Alloui N. (2003).** Effet in vitro des enzymes sur la viscosité et les polysaccharides non amylacés de l'orge. In : Proceedings of 5èmes Journées de la recherche avicole, Tours, 26 et 27 mars 2003.
- Anjum Muhammad S., et Abdul S. Chaudhry (2010).** « Using enzymes and organic acids in broiler diets ». *The journal of poultry science* 47, n° 2: 97–105.
- Annison, G., R. J. Hughes, et M. Choct. (1996).** « Effects of enzyme supplementation on the nutritive value of dehulled lupins ». *British Poultry Science* 37 (1): 157-172. doi:10.1080/00071669608417845.
- Asadi, Babak, et Cyrus Eydivandi (2011).** « The effect of digestive enzyme in barley based rations on broiler performance ». *African Journal of Agricultural Research* 6, n° 18: 4272–4276.

B

- Beaman K. R., K. G. S. Lilly, C. K. Gehring, P. J. Turk, et J. S. Moritz (Janvier 2012).** « Influence of Pelleting on the Efficacy of an Exogenous Enzyme Cocktail Using Broiler Performance and Metabolism ». *The Journal of Applied Poultry Research* 21, n° 4: 744-756. doi:10.3382/japr.2011-00430.
- Beckers Yves, Fabien Piron, Olivier Wéry, Sabrina Vandeplas, et André Théwis (2005).** « Des enzymes exogènes pour valoriser davantage le froment chez les volailles et les porcs? » *Faculté des sciences agr, uni. Zootech* 2.
<http://www.gembloux.ulg.ac.be/zt/Publications/10e%20Carrefour/Beckers.pdf>.
- Beckers Yves et Fabien Piron (2009).** « Utilisation des enzymes en alimentation porcine et avicole ». *Impact de l'alimentation sur la santé animale: nouveaux développements*.
<http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/76275>.



- Bedford M. R (Juin 1995).** *Exogenous enzymes in monogastric nutrition--their current value and future benefits*. « Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes ». *Animal Feed Science and Technology* 53, n° 2: 145-155.
- Bedford Michael Richard, et Gary G. Partridge (2011).** *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK; Cambridge, MA:
<http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptiID=617538>.
- Bedford M. R., et A. J. Cowieson (Avril 2012).** « Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology ». *Animal Feed Science and Technology* 173, n° 1: 76-85. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.12.018.
- BEGHOUL Saber (2006).** «Appareil digestif de la poule: particularités anatomo-physiologiques », Magister 2006, Université Mentouri de Constantine. *Memoire Online*. Consulté le 27 avril 2013. <http://www.memoireonline.com/01/09/1827/appareil-digestif-de-la-poule-particularites-anatomo-physiologiques.html>.
- Benabdeljelil K., et Mi Arbaoui (1991).** « The effect of dietary commercial enzyme preparations on performance of broilers ». *Annales de Zootechnie* 40, n° 4: 305-312. doi:10.1051/animres:19910406.
- Benabdeljelil K. (1997).** Barley as alternative feedstuff for laying hens. *Bulletin Animal Health Production*, 45, 55-58.
- Benabdeljelil K. (1999).** Utilisation de l'orge dans l'alimentation du poulet de chair. *Bulletin de liaison et d'information PNTTA. I .A .V Hassan II*, n° 55.
- Bergh M. O., A. Razdan, et P. Åman (Avril 1999).** « 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* 78, n° 3: 215-226.
- Bouza C., Clavaud P. A., Geraert, et E. Devillard (2010).** Effects of NSP-enzymes on in vitro digestibility and intestinal microbiota activity in broilers fed two different wheat cultivars *JOURNAL OF DAIRY SCIENCE Vol.93*, pages 278-279.
- Brenes A, M Smith, W Guenter, et R R Marquardt (Septembre 1993).** « Effect of Enzyme Supplementation on the Performance and Digestive Tract Size of Broiler Chickens Fed Wheat- and Barley-based Diets ». *Poultry Science* 72, n° 9: 1731-1739.
- Burnett G. S (1966).** « Studies of viscosity as the probable factor involved in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation ». *British Poultry Science* 7, n° 1: 55-75. doi:10.1080/000716666608415606.
- Bustany Zuhair A (Mai 1996).** « The effect of pelleting an enzyme-supplemented barley-based broiler diet ». *Animal Feed Science and Technology* 58, n° 3: 283-288.



C

Casagrande Proietti, Patrizia, Cesare Castellini, Alessandro dal Bosco, Maria Pia Franciosini, et Giampaolo Asdrubali (2010). « Investigation on intestinal bacterial flora and Salmonella spp. presence in organic and conventional chickens ». *Italian Journal of Animal Science* 6, n° 3: 305–308.

Chesson A (1991). « Effects of supplementary enzymes in barley diets ». *New trends in barley quality for malting and feeding. Options méditerranéennes, série A 20.*
<http://om.ciheam.org/om/pdf/a20/92605073.pdf>.

Choct, M, et G Annison. (1990) « Anti-nutritive Activity of Wheat Pentosans in Broiler Diets ». *British Poultry Science* 31 (4) (décembre): 811-821. doi:10.1080/00071669008417312.

Choct M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R., Morgan, A.J. et Annison, G. (1996). *British poultry Science*, 37: 609-621.

Choct M., (2006) Enzymes for the feed industry: Past, present and future. *World's Poultry Science Journal*: 5-15.

Choct M., R. J. Hughes, R. P. Trimble, K. Angkanaporn, et G. Annison (2013). « Non-starch Polysaccharide-degrading Enzymes Increase the Performance of Broiler Chickens Fed Wheat of Low Apparent Metabolizable Energy ». *The Journal of Nutrition* 125 (3): 485-492.

D

Dahiya J. P., M. D. Drew, et D. Hoehler (Février 2007). « Balanced amino acids control NE: Part 1: the chemical composition of feed and its overall digestibility may have significant effects on the bird's intestinal microflora and the incidence of enteric diseases, especially necrotic enteritis ». <http://www.highbeam.com/doc/1G1-168920272.html>

DE BARBERÀ Joaquim BRUFAU (1990). « Utilisation de l'orge dans l'alimentation, des volailles en Espagne » *Options Méditerranéennes, Sér. A/N°07, 1990 - L'aviculture en Méditerranée*, 91-96.

DOUMANDJI. W, (2011) : Effets d'une alimentation séquentielle à base d'orge grains entiers associée à une supplémentation alimentaire en enzymes sur les paramètres zootechniques et physiologiques du poulet de chair. Thèse de Magister, École Nationale Supérieure Vétérinaire (ENSV), 72 pages.



F

Francesch M., et A. M. Perez-Vendrell (1997). « Recent studies on enzyme application in animal feeding ». *Cahiers Options Méditerranéennes* 26.

<http://om.ciheam.org/om/pdf/c26/97605981.pdf>

Friesen O. D., W. Guenter, R. R. Marquardt, et B. A. Rotter (Janvier 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, n° 10: 1710-1721. doi:10.3382/ps.0711710.

Fuente J. M., P. Perez de Ayala, and M. J. Villamide (1995). Effect of dietary enzyme on metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. *Animal Feed Science Technology*, 56, 45–53.

G

Gabriel I., S Mallet., P Sibille. (2005). La microflore digestive des volailles : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. *Productions animales*, 18 (5), 309-322.

Gilbert C., T. Acamovic, et M.R. Bedford (1999). « Effect of enzyme supplementation on the growth and food conversion efficiency of broiler chicks on lupin-based diets ». *British Poultry Science* 40, n° sup001: 31-32. Doi:10.1080/00071669986693.

Gunal M., G. Yayli, O. Kaya, N. Karahan, et O. Sulak (2006). « The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers ». *International Journal of Poultry Science* 5, n° 2: 149–155.

H

Hume M. E., L. F. Kubena, T. S. Edrington, C. J. Donskey, R. W. Moore, S. C. Ricke, et D. J. Nisbet (2003): 1100–1107. « Poultry digestive microflora biodiversity as indicated by denaturing gradient gel electrophoresis ». *Poultry Science* 82, n° 7

J

Jeroch H., et S. Dänicke (1995). « Barley in poultry feeding: a review ». *World's Poultry Science Journal* 51, n° 03: 271-291. Doi: 10.1079/WPS19950019.

Johri.T.S (2004). « Poultry Nutrition Research in India and its Perspective », *Central Avian Research Institute* disponible sur: http://www.fao.org/docrep/article/agrippa/659_en-02.htm.



K

Khan, S. H., R. Sardar, et B. Siddique (2006). « Influence of enzymes on performance of broilers fed sunflower-corn based diets ». *Pakistan Vet. J* 26, n° 3: 109–114.

Khattak F. M., T. N. Pasha, Z. Hayat, et A. Mahmud (2006). « Enzymes in poultry nutrition ». *J Anim Pl Sci* 16, n° 1-2: 1–7.

L

LAIFAOUI W., LAKHDARI K., ZINE R. (2005). L'utilisation des huiles acides dans l'alimentation du poulet de chair, Projet de fin d'études, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger, 64 pages.

Larbier Michel, et Bernard Leclercq 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*. Editions Quae, 355 pages.

Lu J., U. Idris, B. Harmon, C. Hofacre, J. J. Maurer, et M. D. Lee (Novembre 2003). « Diversity and Succession of the Intestinal Bacterial Community of the Maturing Broiler Chicken ». *Applied and Environmental Microbiology* 69, n° 11: 6816-6824. doi:10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003.

Luo Dingyuan, Fengxia Yanga, Xiaojun Yang, Junhu Yao, Baojun Shi, et Zhenfeng Zhou (Janvier 2009). « Effects of xylanase on performance, blood parameters, intestinal morphology, microflora and digestive enzyme activities of broilers fed wheat-based diets. (Report) ». *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*.
<http://www.highbeam.com/doc/1G1-218450219.html?key>

M

MacLean J., A. B. Webster, et D. M. Anderson (1994). « 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* 74, n° 3: 511–517.

Marquardt R. R (1997). *Enzymes in Poultry and Swine Nutrition* IDRC, 1997.

Marquardt, R. R., et J. Brufau (1997). « Future of feed enzymes: Orientation and perspectives ». *Feed manufacturing in Southern Europe: New challenges Zaragoza: CIHEAM-IAMZ*.
<http://om.ciheam.org/om/pdf/c26/97605984.pdf>.

Mathlouthi Nejib, Serge Mallet, Luc Saulnier, Bernard Quemener, et Michel Larbier (septembre 2002). « Effects of xylanase and Bêta-glucanase addition on performance,



nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet ». *Animal Research* 51, n° 05: 395-406. doi:10.1051/animres:2002034.

McNab J. M., et K. Neil Boormann (2002). *Poultry Feedstuffs [electronic Resource]: Supply, Composition, and Nutritive Value*, CABI.

Meng X., B. A. Slominski, et W. Guenter (2004). « The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets ». *Poultry science* 83, n° 10: 1718–1727.

N

Nahas J., et M. R. Lefrancois (2001). « Effects of feeding locally grown whole barley with or without enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcass traits ». *Poultry science* 80, n° 2: 195–202.

Nahas Joseph (1999). *Effets de l'incorporation des céréales entières dans la ration alimentaire sur les performances des poulets de chair*. Mémoire (Canada) : Université Laval, 105 pages.

P

Paula E. F. E. de, R. F. F. Chen, et F. de P. Maia (2009). « Exogenous enzymes in nutrition of monogastric animals ». *PUBVET* 3, n° 14.

PROIETTI P. CASAGRANDE, C. Castellini, M. Pedrazzoli, A. DAL BOSCO, et M. P. Franciosini (2006). « Bacterial counts and characterization of intestinal flora in organic and conventional chickens ». In *EPC 2006-12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10-14 September, 2006*.

R

Rebolé A, L T Ortiz, M L Rodríguez, C Alzueta, J Treviño, et S Velasco (Février 2010). « Effects of Inulin and Enzyme Complex, Individually or in Combination, on Growth Performance, Intestinal Microflora, Cecal Fermentation Characteristics, and Jejunal Histomorphology in Broiler Chickens Fed a Wheat- and Barley-based Diet ». *Poultry Science* 89, n° 2: 276-286. doi:10.3382/ps.2009-00336.

Richter, G, G Cyriaci, et B Stölken (1994). « [Effect of enzyme mixtures in broiler diets of barley, rye or wheat] ». *Archiv für Tierernährung* 47, n° 1: 11-22.

Romero C., N. Nicodemus, J. D. Rodriguez, A. I. Garcia, et C. de Blas (Avril 2011). « Effect of type of grinding of barley and dehydrated alfalfa on performance, digestion, and crude mucin ileal concentration in growing rabbits ». *Journal of Animal Science* 89, n° 8:



2472-2484. doi:10.2527/jas.2010-3226.

Rosin Erin A, Greg Blank, Bogdan A Slominski, et Rick A Holley (2007). « Enzyme Supplements in Broiler Chicken Diets: In Vitro and in Vivo Effects on Bacterial Growth ». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, n° 6: 1009–1020. doi:10.1002/jsfa.2797.

S

Santos Fernanda Botaro De Oliveira (2006). *Impact of Poultry Age, Season, Litter Quality, and Nutritional Intervention Strategies on Salmonella Prevalence and Populations, Serotypes, Genotypes, and Antibiotic Resistance Profiles.* Editions ProQuest, 292 pages.

Scott TA, Leslie MA, Karimi A (2001). Measurements of enzyme response with hulls barley-based diets full-fed to leghorn and broiler chicks or restricted-fed broiler chicks. *Canadian Journal of Animal Science*, 81, 403-410.

Shakouri M. D., P. A. Iji, L. L. Mikkelsen, et A. J. Cowieson (2009). « Intestinal Function and Gut Microflora of Broiler Chickens as Influenced by Cereal Grains and Microbial Enzyme Supplementation ». *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93, n° 5: 647–658. doi:10.1111/j.1439-0396.2008.00852.

Slominski Bogdan (2011). « Recent Advances in Enzymes for Poultry Diets » *Poultry Science* vol.90 n°9. Doi: 10.3382/ps.2011-01372.

T

Teo A. Y., et H.-M. Tan (2007). « Evaluation of the performance and intestinal gut microflora of broilers fed on corn-soy diets supplemented with *Bacillus subtilis* PB6 (CloSTAT) ». *The Journal of Applied Poultry Research* 16, n° 3: 296–303.

Thomke Sigvard, et Klas Elwinger (1998). « Growth promotants in feeding pigs and poultry: III. Alternatives to antibiotic growth promotants ». *Annales de Zootechnie* 47, n° 4: 245-271. doi:10.1051/animres:19980402.

Torok V.A K., Ophel-Keller R.J. Hughes, R. Forder, M. Ali, et R. Macalpine (2008). « Environment and age: impact on poultry gut microflora » Book chapter, Conference paper *Proceeding of 19th Australian Poultry Science Symposium* pages 149-152.

U



Uzu G et Sassi T (2005). Intérêt des enzymes NSP dans l'alimentation des volailles. Volaille de Tunisie: Bulletin d'information avicole, n°35, Septembre 2005, 8-10.

V

Viveros A., A. Brenes, M. Pizarro, et M. Castaño (Août 1994). « 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* 48, n° 3: 237-251.

W

Wang Z. R., S. Y. Qiao, W. Q. Lu, et D. F. Li (2005). « Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets ». *Poultry Science* 84, n° 6: 875–881.

Y

Yang Y., P.A. Iji, et M. Choct (Mars 2009) « Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics ». *World's Poultry Science Journal* 65, n° 01: 97. Doi:10.1017/S0043933909000008.

Z

ZITARI Sana (2008). « Etude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux ». Master 2008, Université de Sousse *Memoire Online*. Consulté le 21 mai 2013. http://www.memoireonline.com/10/10/4031/m_Etude-des-valeurs-nutritives-de-certaines-ressources-alimentaires-locales-utilisees-dans-lalimenta6.html.

Source Internet

Bergazym P: An effective enzyme mix for sturdy broilers. Consulté le 1 juin 2013. http://www.berg-schmidt.de/english/feed/c01db_enzyme_broiler.html.

Livret de la 10^e Journée Scientifique Vétérinaire (JSV), Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (ENSV) (Mai 2012): Consulté le 27 mai 2013 http://www.ensv.dz/IMG/pdf/livret10eJSV_web.pdf.

Orge commune (*Hordeum vulgare*): Wikipédia, Consulté le 20 mai 2013. http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Orge_commune&oldid=92607881.

Résumé :

Le but de cette étude est d'évaluer, dans nos conditions d'élevage, l'impact de l'emploi de complexes enzymatiques avec des régimes à base d'orge, sur les paramètres zootechniques et la flore coliforme (*Escherichia coli*) du poulet de chair. Au total, 1080 poussins d'un jour de souche ISA F15 Hubbard ont été répartis en 3 lots expérimentaux de poids moyens homogènes et comportant chacun 6 répétitions de 60 sujets : Un lot « Témoin » nourri avec un aliment complet de base adapté à l'âge et contenant 20% d'orge en phase de croissance (J11 à J42) et 25% d'orge en phase de finition (J43 à J49) ; deux lots « Enzyme1 » et « Enzyme2 » recevant, à partir du 11^{ème} jour d'âge, les mêmes aliments de base mais supplémentés avec un complexe enzymatique commercial (β -glucanase, protéases, pentosanases et amylase) aux doses respectives de 250 ou 380 ppm.

Dans nos conditions expérimentales, quelque soit la dose utilisée (250 ppm ou 380 ppm), la supplémentation alimentaire en enzymes n'a pas significativement modifié la survie ou la croissance des poulets. Cet additif a néanmoins réduit l'ingéré (-6% en moyenne) améliorant ainsi légèrement l'indice de conversion cumulé avec de meilleures réponses pour la dose de 250 ppm par rapport à celle de 380ppm. De même, l'apport d'enzymes exogènes dans l'aliment n'a pas permis d'améliorer significativement les index de production, et ce quelque soit la dose d'enzymes utilisée dans les aliments. Enfin, la supplémentation en enzymes a significativement réduit le nombre total de bactéries coliformes et ce quelque soit la dose utilisée (-75% en moyenne ; $p < 0,001$), traduisant un impact positif sur la flore indésirable.

Mots-clés : poulet de chair, orge, complexe enzymatique, supplémentation, performances zootechniques, analyse économique, flore coliforme, *Escherichia coli*.

Abstract :

The aim of this study was to evaluate the impact of using exogenous enzymes with barley based diet on growth performances and coliform flora (*Escherichia coli*) of broiler chicken. A total of 1080 one-day old chicks (ISA F15 Hubbard) were equally divided into three experimental groups with homogenous weight (6 replications of 60 animals): The control group (Control) was fed with a complete standard diet adapted to the age and containing 20% barley in growth phase (D11 to D42) and 25% barley in the finishing period (D43 to D49), two groups "Enzyme1" and "Enzyme2" received, from the 11th day of age, the same basic feed but supplemented with a commercial enzyme complex (β -glucanase, protease, and amylase pentosanases) at doses of 250 or 380 ppm respectively.

In our experimental conditions, whatever the dose used (250 ppm or 380 ppm), dietary enzyme supplementation did not significantly alter the survival or growth performances of broiler chicken. This additive has nevertheless reduced feed intake (-6% on average) and slightly improved feed conversion ratio combined with better responses to a dose of 250 ppm compared to 380 ppm. Similarly, the addition of exogenous enzymes in the diet did not significantly improve production index, that whatever the dose of enzymes used. Finally, the enzyme supplementation significantly reduced the total number of coliform bacteria and that for any used dose (-75% on average, $p < 0.001$), reflecting a positive impact on the undesirable flora.

Key-words: Broiler chicken, barley, enzyme complex, supplementation, growth performances, economic analysis, coliform flora, *Escherichia coli*.

:الملخص

إن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم أثر استخدام المكملات الأنزيمية و نظام غذائي مكون من الشعير على القدرات الحيوانية والبكتيريا القولونية (*Escherichia coli*) للدجاج اللحمي .

لقد تم رصد 1080 صوص بعمر يوم واحد من سلالة ISA F15 Hubbard) و قسموا إلى ثلاث فئات تجريبية ذات أوزان متجانسة (7 تكرارات من 60 فرد) : المجموعة الشاهدة (T) أطعمت بغذاء نموذجي كامل مكيف حسب العمر و يحتوي على 20% من الشعير خلال مرحلة النمو (11 يوم - 42 يوم) و 25% من الشعير خلال مرحلة النهاية (43 يوم - 49 يوم). المجموعة الثانية و الثالثة "Enzyme1" و "Enzyme2" أطعمت بنفس الغذاء النموذجي من اليوم 11 لكن بإدراج خليط إنزيمي تجاري (مكون من : القلوكاناز، البننتوزاناز، البروتياز و الاميلاز) بكمية 250 ppm و 380 ppm بالترتيب .

في ظروفنا التجريبية هذه، مهما كانت الكمية المدرجة (250 ppm أو 380 ppm) فإن المكمل الإنزيمي لم يؤثر على عدد وفيات أو قدرات نمو الدواجن. لكن بالمقابل هذا المكمل الإنزيمي اخفض نسبة الاستهلاك الغذائي بمعدل 5% محسنا بذلك مؤشر التحويل الغذائي مع استجابة أفضل للكمية 250 ppm مقارنة بالكمية 380ppm. كما أن هذا المكمل لم يؤثر على مؤشر الاقتصاد مع كلتا الكميتين. و أخيرا هذا المكمل أدى إلى انخفاض كبير في نسبة البكتيريا القولونية (*Escherichia coli*) بمعدل (-75%، $p < 0,001$) و ذلك مهما كانت كمية الإنزيم المستعملة، مترجما بذلك تأثير إيجابي للإنزيم على البكتيريا المؤذية.

الكلمات المفاتيح: الدجاج اللحمي، الشعير، المكملات الأنزيمية، القدرات الحيوانية، المردود الاقتصادي، البكتيريا القولونية، *Escherichia coli*