

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMO



854THV-1

MINISTERE DE L'ENSEIGNEME

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA I



Institut des Sciences Vétérinaires

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de

« Docteur vétérinaire »

Thème :

**Utilisation de l'orge associée à des enzymes
complémentaires en alimentation du poulet de chair**

<< Synthèse bibliographique >>

Présenté par :

- Si youcef Houssef eddine
- Hamichi Akli

JURY:

Dr BELABBAS Rafik
Dr DOUMANDJI Waffa
Dr KHALED HAMZA

Président
Promotrice
Examineur

Promotion 2013/2014

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à adresser nos remerciements à *madame Doumanji waffa*, maitre assistante a l'Université de Bouira , de nous avoir donné la chance d'effectuer un travail passionnant en l'aviculture . Nous lui adressons toute notre reconnaissance pour nous voire guidé. nous lui remercions également de nous avoir laissé une grande autonomie et une précieuse indépendance dans nos prises d'initiative.

Nous remercions *monsieur Belabbas Rafik*, maitre assistant a l'Université Saad Dahleb de Blida de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ce mémoire ainsi votre aide pour enrichir ce travail modeste.

Nos remerciement vont aussi à *monsieur Khaled Hamza*, maitre assistant a l'Université Saad Dahleb de Blida pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'être membre de jury. Sincères remerciements.

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.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes parent ma source de tendresse pour leurs
Soutien , leurs présences a mes cotés et leur
Inquiétude pour ma réussite . Que dieu les garde
Pour nous.*

*A mes chers frères Oussama , amine et amani je les
Souhaite une bonne continuation pour leur carrière
Scolaire.*

A mes grand parent.

A tous les membres de ma grande famille .

*Mes amies maamar , nadjib , slïman , akil et
idïre , imade , hamza , abdo, nabïle, oussama .*

*A ma très chère et bien aimée ma future femme
Fatïma Zohra , merci pour votre encouragements ,
merci pour tous les merveilleux souvenirs que nous
partageons .*

A mon binôme akli et sa famille .

Houssem

Dédicace

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et
de réfléchir, la force d'y croire,*

*la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur
de lever mes mains vers le ciel et de dire*

" Ya Kayoum "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie,

le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour

mon bonheur et ma réussite, à ma mère ...

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant
toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie
à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

Que dieu les gardes et les protège.

A ma grand mère Saadia

A mes sœurs Nihad, Siham , Rosa, Madiha, Nacima

A mes frères Yacine, Idir, Amar , Akli.

A mes amies.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A mon binôme housseem et sa famille .

Je dédie ce travail.

Akli

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact d'une alimentation à base d'orge et d'une supplémentation alimentaire en enzymes sur les performances zootechniques du poulet de chair.

En parle initialement de l'amélioration de l'alimentation du poulet de chair, effet de l'alimentation sur la croissance musculaire, facteurs de variation des paramètres de la courbe de croissance du poids vif chez le poulet de chair puis en parle sur les différents modes d'alimentation du poulet de chair de manière général.

En parle aussi de l'utilisation de l'orge dans l'alimentation du poulet de chair, ces compositions chimiques, sa Valeur nutritive, les principales variétés d'orge cultivées en Algérie.

Dans notre synthèse le complexe enzymatique utilise est Rovabio composé de 04 enzymes qui sont : le Xylanase le phytase la Pectinase et la B gluconase mélangé avec l'orge à 0,5%.

L'incorporation d'enzyme dans l'alimentation, l'alimentation à base d'orge a réduit le gain de poids et le poids vifs final des poulets mais a diminué davantage l'ingestion alimentaire, améliorant ainsi l'efficacité de transformation alimentaire.

Mots-clés : poulet de chair, orge, additif enzymatique, supplémentation, Performances zootechniques.

The aim of this study was to investigate the impact of sequential feeding incorporating whole grain barley and diet supplementation with enzymes on growth performances of broiler chicken.

Initially talking Improving feeding broiler Food effect on muscle growth factors change the parameters of the growth curve of body weight in broilers and speaks on Alternative feeding broiler so General.

Also discusses the use of barley in the diet of broilers, the chemical composition, nutritional value, and the main varieties of barley grown in Algeria.

In our synthesis enzyme complex is used rovabio containing Xylanose, phytase ,Pectinase and B gluconase mixed with 0.5% barley.

Incorporation of enzymes in diet, the feeding with barley reduced the weight gain and the final live weights of chickens and further decreased feed intake , thus improving feed efficiency transformation .

Keywords: broiler chickens, barley, enzymatic additive, supplementation, Zootechniques performances.

- الغرض من هذه الدراسة هو تقييم تأثير اتباع نظام غذائي يحتوي على الشعير والمكملات الغذائية مع الانزيمات على الخصائص الفيزيولوجية الدجاج اللحم .
- نتحدث في البداية عن تحسين تغذية الدجاج اللحم. تأثير الغذاء على نمو العضلات عوامل تغيير معالم منحنى النمو من وزن الجسم في الفراريج ويتحدث عن مختلف انواع تغذية الدجاج اللحم بصفة عامة.
- نتحدث أيضا إلى استخدام الشعير في النظام الغذائي الفراريج، والتركييب الكيميائي والقيمة الغذائية، والأصناف الرئيسية من الشعير المزروع في الجزائر.
- في دراستنا المزيج الانزيمي المستعمل هو روفابيو يتكون من 4 انزيمات : كزينوز ، الفيتاز ، البكتيناز وبيتا غلوكوناز . الشعير مختلطة مع 0.5 ٪ من المزيج
- إدراج الانزيم في تغذية، الغذاء يحتوي الشعير تخفيض زيادة الوزن الحي النهائي الدجاج ولكن في المقابل المزيد من لانخفاض وبالتالي تحسين كفاءة تجهيز .

الكلمات المفاتيح : الدجاج اللحم ، الشعير ، المكملات الانزيمية - القدرات الحيوية

Introduction générale	1
Synthèse bibliographique.....	3
Chapitre I-L'amélioration de l'alimentation du poulet de chair	3
I-1. Effet de l'alimentation sur la croissance musculaire	3
I.2. La croissance du poulet « processus de production »	4
I .3 . Principaux modèles de description de la courbe de croissance du poids vif chez le poulet de chair :.....	5
I.4.Facteurs de variation des paramètres de la courbe de croissance du poids vif chez le poulet de chair	6
Chapitre II. Généralités sur les différents modes d'alimentation du poulet de chair	7
II.1.Impact sur le comportement alimentaire et la physiologie du poulet	7
II.2.Alimentation séquentielle en conditions tropicales.....	12
II.3.Alimentation à base de céréales graines entières	13
Chapitre III. Utilisation de l'orge dans l'alimentation du poulet de chair.....	15
III.1.Présentation de l'orge L'orge commune (<i>Hordeum vulgare</i>).....	15
III.2.Composition chimique de l'orge	16
III.3.Valeur nutritive de l'orge.....	17
III.4. Effets de l'incorporation de l'orge dans l'aliment du poulet de chair.....	18
III.5. Les principales variétés d'orge cultivées en Algérie	19
III.6. Production d'orge en Algérie	21
III.7. Une Amélioration de la productivité céréalière en Algérie	22
Chapitre IV. Valorisation de l'orge par l'emploi d'additifs enzymatiques.....	23
IV.1. Données générales sur les enzymes utilisées dans l'aliment du poulet	23

IV.1.1. Le complexe Rovabio ® Max AP.....	24
IV.2.Amélioration de la valeur nutritive de l'orge par les additifs enzymatiques	30
Conclusion	35
Références bibliographiques	36

Synthèse bibliographique :

Tableau 1. Digestibilité comparée des protéines de l'orge et du maïs19

Tableau 2 : Quelques variétés d'orge cultivées en Algérie et leurs caractères20

Tableau 3 : Composition chimique de différentes variétés d'orge locale21

Tableau 4 : Effet d'une supplémentation en enzymes NSP multi-activités sur les performances du poulet de chair avec différents types d'aliments31

Synthèse bibliographique :

Figure 1 : Facteurs modifiant les choix alimentaires du poulet de chair08

Figure 2 : Présentation de l'orge commune (*Hordeum vulgare*).....15

Figure 3 : Graine d'orge16

Figure 4 : Composition des principaux nutriments dans les matières premières du poulet de chair29

Introduction

La filière avicole nationale a connu un développement et un élan de production importants au cours de ces dernières décennies avec une alimentation basée sur un régime exclusif maïs-soja. Ces dernières sont toutefois des matières premières dépendantes des marchés internationaux quant à leur approvisionnement. Leur prix a d'ailleurs connu ces dernières 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 des volailles et fournir la plupart des éléments nutritifs nécessaires à la croissance du poulet de chair (Alloui *et al.* 2003). Ayant un taux de protéines plus élevé que celui du maïs et commercialisée à un prix souvent inférieur, l'orge présente un intérêt certain en aviculture. Pourtant, actuellement, cette céréale est pratiquement exclue de la formulation des aliments pour volaille à cause de sa faible valeur énergétique liée au taux élevé en polysaccharides non amyliques (PNA), de sa forte teneur en fibres et de la présence de facteurs antinutritionnels (Jeroch *et al.* 1995 ; Benabdeldjalil, 1999).

Or, d'autres pays, tels l'Espagne et les pays Scandinaves, incorporent cette céréale dans les aliments de volaille en substitution quasi totale du maïs importé moyennant l'addition de matières grasses et de complexes enzymatiques.

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 les prélèvements des nutriments par la microflore (Uzu et Sassi, 2005).

Actuellement, dans la pratique avicole nationale, la distribution continue d'aliments complets uniques, adapté au stade physiologique du poulet (démarrage, croissance et finition), est le mode alimentaire quasi exclusif observé chez nous. Aussi, les autres techniques alimentaires alternatives n'ont pas été à ce jour explorées dans nos élevages.

De plus, l'incorporation de la céréale orge en l'état dans l'aliment volaille n'est pas pratiquée à notre connaissance et l'impact de l'ajout d'enzymes dans ces conditions n'a pas fait l'objet d'essais expérimentaux locaux.

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de préciser, dans nos conditions locales, l'impact d'une distribution de grains d'orge entiers mélangé a 15% avec un aliment standard complet, supplémenté avec des additifs enzymatiques avec d'autre nourri avec un aliment standard(maïs –soja) , sur les paramètres zootechniques du poulet de chair durant un cycle d'élevage complet.

La première partie de ce mémoire est consacrée à l'étude bibliographique qui détaillera, d'abord, l'alimentation et les différentes modalités de son application, puis présentera, en seconde partie, des données générales sur l'orge (composition et valeur nutritive de cette céréale) et l'impact de son utilisation dans la ration des poulets de chair. La dernière partie de la bibliographie abordera l'emploi des additifs enzymatiques pour valoriser les matières premières alimentaires du poulet de chair.

Dans la conclusion , nous faisons le point sur des idées acquises et sur des perspectives envisageables à l'issue de cette étude.

Chapitre I

*L'amélioration de
l'alimentation du
poulet de chair*

Chapitre I : L'amélioration de l'alimentation du poulet de chair :

Pour qu'un poulet de chair atteigne le poids de 1500 g il fallait 120 jours en 1920, 44 jours en 1980 et 33 jours seulement en 1998 ; cette espèce a connu une amélioration spectaculaire de sa productivité, grâce aux progrès concomitants des méthodes d'élevage, de la nutrition, de la médecine vétérinaire et de la sélection génétique (Picard, 2000).

Ainsi, l'aviculture s'est développée pour devenir dans de nombreux pays la première production animale tant par le volume des viandes produites que par le tonnage des aliments composés. Parallèlement, la consommation des produits avicoles a régulièrement augmenté sans être nulle part entravée ni par des interdits religieux, ni par des traditions culinaires.

D'autre part, la préoccupation accrue de ce type de production est du au fait que les viandes du poulet de chair coûtent moins cher que les autres viandes (Larbier, leclercq, 1992). Ce développement et cette évolution du marché nécessitent donc une meilleure maîtrise des caractéristiques des produits ; c'est pourquoi des recherches ont été engagées pour déterminer et hiérarchiser les facteurs de variation de la qualité des carcasses et de la viande du poulet de chair. Ces études portent d'une part sur des mesures du développement squelettique (longueur de la patte, longueur du bréchet, hauteur de la poitrine), d'autre part sur des mesures de développement musculaire (angle de poitrine, largeur du blanc plus rarement tour du pilon). Ces mensurations corporelles peuvent permettre une estimation de la qualité de la carcasse, en particulier de l'importance relative de l'os et de la viande.

I-1. Effet de l'alimentation sur la croissance musculaire :

Les premiers jours de la vie du poussin sont également une phase critique de transition d'un métabolisme utilisant principalement les lipides et les protéines de vitellus vers une alimentation dominée par les glucides.

L'aliment de démarrage destiné au poulet de chair de 0 à 3 semaines d'âge, doit contenir une concentration de 3200 Kcal et un pourcentage protéique de 22 à 23%, avec un apport de 10% de lipides alimentaires.

La plupart des aliments commerciaux destinés aux jeunes poussins sont dérivés de travaux portant sur des poulets plus âgés et ne sont pas sur le plan nutritionnel, réellement adaptés au très jeune âge (Lilburn ,1998). Donc la composition des aliments à donner au très jeune poussin mérite également des investigations car les quelques résultats publiés ne correspondent pas aux normes classiques et pratiques (Bigot *et al* ,2001).

La réduction du délai entre l'éclosion et la première alimentation est un objectif prioritaire car les réserves vitellines ne constituent pas une réserve suffisante pour les poulets à croissance rapide, et ceci était confirmé par la station de recherche avicole INRA-Nouzilly qui montre que 6 jours après l'éclosion le développement du muscle pectoral superficiel n'est pas compensé (Bigot *et al* ,2001).

Dans les besoins nutritifs du poulet de chair, on a l'habitude de distinguer une « ration d'entretien » qui correspond uniquement au processus d'existence et une « ration de production » directement transformée en produits synthétisés par l'animal, tels que le muscle. Bien qu'il existe une étroite parenté entre les processus complexes d'entretien et de production qui se produisent dans l'organisme vivant, la formation de composés chimiques multimoléculaires peut avoir lieu seulement après que soient couverts les besoins essentiels de l'animal (Brody, 1945).

I.2. La croissance du poulet « processus de production » :

On peut considérer la croissance et le développement du poulet de chair comme un processus de production qui comprend avant tout la synthèse de nouvelles protéines et qui diffère des autres productions par le fait qu'elle s'accompagne d'une variation continue des besoins d'entretien de l'organisme (Keller,1969).

L'usage de fonctions mathématiques pour décrire la croissance est très ancien et, dès 1945, Brody évoque la possibilité de sélectionner des animaux directement sur la forme de la courbe de croissance. En effet, celle-ci permet de résumer l'information à quelques paramètres et points stratégiques et de décrire l'évolution du poids avec l'âge. Il est ainsi possible de comparer des animaux à des stades physiologiques équivalents, par exemple celui où la vitesse de croissance est maximale, ce que ne permet pas l'étude de pesées ponctuelles. Cette démarche a également été

appliquée à l'étude de la croissance de différents organes et tissus, permettant ainsi de comprendre leurs relations d'halométrie. (Brody, 1945)

I. 3. Principaux modèles de description de la courbe de croissance du poids vif chez le poulet de chair :

De nombreuses fonctions mathématiques ont été utilisées pour décrire la courbe de croissance ; les plus fréquemment utilisées pour le poulet de chair sont l'équation de Gompertz et celle de Richards. Cette dernière, malgré qu'elle peut convenir à un grand nombre d'espèces, nécessite la disposition d'un minimum de 15 mesures de poids pour une estimation suffisamment précise (Knizetova *et al*, 1997). L'équation de Gompertz reste la plus fiable pour le poulet de chair à cause surtout de la signification biologique simple de ses paramètres (Mignon-Grasteau et Beaumont, 2000). Le modèle de Gompertz est le suivant : $P = P_0 \cdot \exp. [\mu_0 \cdot (1 - \exp (-D \times t)/D)]$.

Où :exp : la fonction exponentielle,

P : le poids vif à un âge t,

P₀ : le poids à la naissance (t = 0),

μ₀ : la constante de proportionnalité entre vitesse de croissance et poids vif,

D : la constante de ralentissement de la croissance.

Ces paramètres ont, chez le poulet de chair, les valeurs suivantes :

P₀ = 37gr pour les deux sexes,

μ₀ = 0,1722 pour le mâle et 0,1755 pour la femelle,

D = 0,0338 pour le mâle et 0,0364 pour la femelle.

I.4.Facteurs de variation des paramètres de la courbe de croissance du poids vif chez le poulet de chair :

Les paramètres précédemment décrits sont influencés par plusieurs facteurs de variation qui sont :

I.4.1 L'espèce :

1- La taille de l'espèce : la vitesse de croissance d'un animal dépend de son espèce. Les animaux des espèces de petite taille ont une croissance plus rapide et donc un âge d'inflexion plus bas (Beaumont et Chapuis ,2004).

2-Le mode de vie de l'espèce : le mode de vie des animaux influence également la vitesse de croissance pondérale.

I.4.2.Le sexe :

La croissance était affectée dans la proportion de 5 à 10 % par les effets liés au sexe de l'animal. Les femelles ont une croissance plus précoce et atteignent le stade adulte plus rapidement que les mâles.

Si les différences entre sexes restent faibles en valeur absolue, elles sont significatives et ont un indice important sur la courbe de croissance Mode de sélection des animaux. La courbe de croissance peut également être modifiée par le mode de sélection, en particulier si elle est réalisée sur le poids vif à un âge donné, le plus souvent celui à l'âge d'abattage. La sélection pour un fort poids vif a entraîné une augmentation du poids tout au long de la croissance, et en particulier à l'âge adulte. De plus elle a contribué à réduire l'âge à l'inflexion. Les animaux les plus lourds sont donc également ceux qui atteignent le point d'inflexion le plus tôt .L'âge à la sélection intervient également sur l'ampleur de l'évolution des paramètres (Marks, 1978, Anthony, 1991).

Chapitre II

Généralités sur les différents modes d'alimentation du poulet de chair

Chapitre II : Généralités sur les différents modes d'alimentation du poulet de chair :

Dans les pratiques actuelles d'élevage avicole, les poulets de chair sont nourris, durant tout le cycle, avec des aliments complets dont la composition est adaptée au stade physiologique de l'animal. Cette technique d'alimentation fait partie de l'ensemble des facteurs d'homogénéisation de l'environnement des volailles : prise alimentaire, température, espace, éclairage... (Picard *et al*, 1999). méthodes d'incorporation de graines entières dans l'alimentation du poulet de chair : distribution simultanée mais séparée dans l'espace, en mélange, ou séquentielle avec un aliment complémentaire (Bouvarel , 2009). Cette dernière technique permet en fait de distribuer de manière cyclique deux aliments différents, dont la combinaison permet des apports nutritionnels équilibrés. Ceci donne la possibilité d'introduire dans l'alimentation du poulet des matières premières intermédiaires en énergie et protéines vis-à-vis du maïs et du soja.

II.1. Impact sur le comportement alimentaire et la physiologie du poulet :

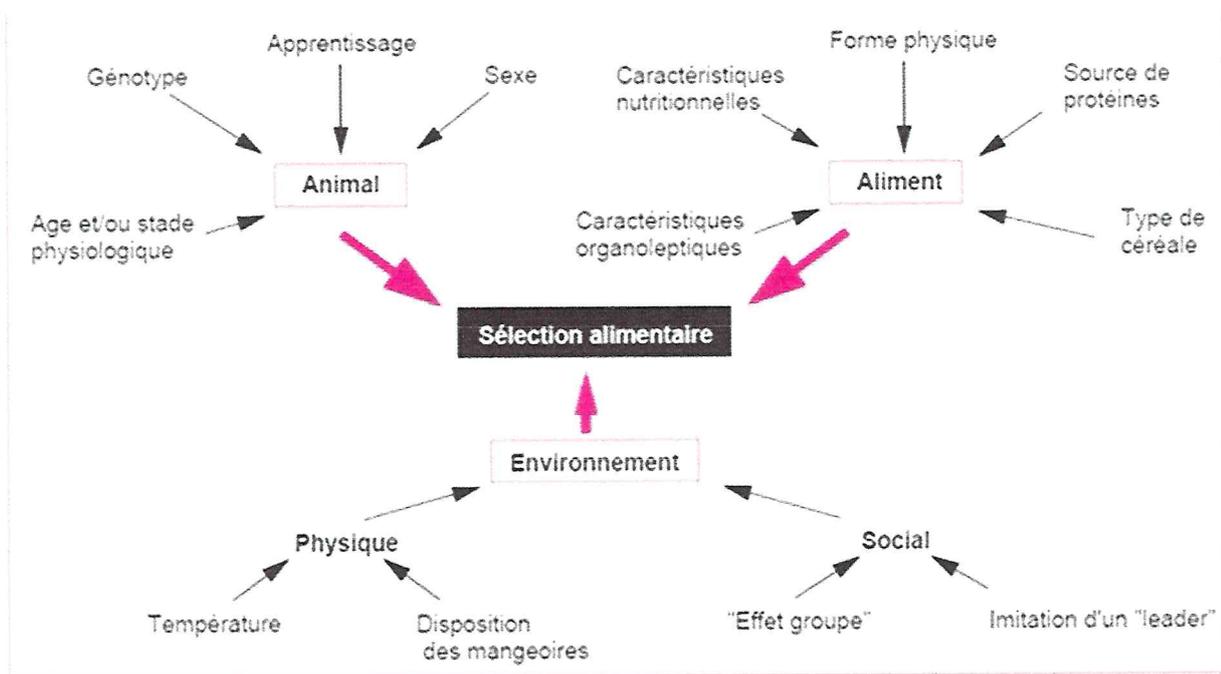
Confronté à différents aliments avec une égale disponibilité, le poulet au sein d'un groupe est capable de sélectionner un régime globalement équilibré (Covasa et Forbes ,1995).

Le choix initial est celui de consommer ou non une particule présente dans son environnement. L'identification de l'aliment est une capacité acquise par l'apprentissage (Picard , 1997) qui permet à l'animal d'associer les critères de différenciation sensorielle (forme couleur, odeur, saveur, propriétés tactiles) et les caractéristiques nutritionnelles des aliments « goûtés » (Noirot *et al* , 1998).

De manière générale, les choix alimentaires dépendent de 3 grands types de facteurs

(Figure 1) : ceux liés à l'animal, à l'aliment et à l'environnement dans lequel le sujet vit.

Figure 1. Facteurs modifiant les choix alimentaires du poulet de chair (Noirot *et al*, 1998).



Ainsi, le poulet sélectionne les aliments en établissant le lien entre leurs propriétés nutritionnelles et leurs caractéristiques sensorielles perçues par la vision, l'olfaction et le toucher. La sélection dépend en partie des besoins de l'animal, qui varient selon le sexe, la souche et le stade physiologique. La capacité de choix est renforcée par une période d'apprentissage. Le milieu de vie est aussi déterminant : la température ambiante ainsi que la situation physique des aliments offerts (mangeoires différentes ou non, position relative des mangeoires et espace relatif occupé par les différentes fractions alimentaires) modulent les choix. La vie en groupe permet une meilleure acquisition de l'aptitude à une sélection alimentaire adaptée, par imitation des congénères.

La sélection alimentaire est en définitive le résultat d'un compromis entre l'appétence relative des aliments proposés et les besoins du poulet dans un environnement donné (Noirot *et al*, 1998). Il faut noter que l'interprétation des choix alimentaires des animaux est souvent confuse. Le « bon » choix du poulet n'est pas toujours celui qui induit la croissance maximale (Siegel *et al*, 1997).

La composition de l'ingéré global et sa modulation en fonction de l'âge des poulets et des performances de croissance. Ces dernières sont le plus souvent comparables à celles obtenues avec un aliment complet unique (Leeson et Caston ,1993 ; Covasa et Forbes, 1994 ; Rose *et al* ,1995).

Néanmoins, le tri particulière, susceptible d'être opéré par les poulets, peut rapidement devenir un facteur limitant des performances (Noirot *et al* , 1998 ; Chevalier).

Ainsi, le poulet sélectionne les aliments en établissant le lien entre leur propriétés nutritionnelles et leurs caractéristiques sensorielles perçues par la vision, l'olfaction et le toucher. La sélection dépend en partie des besoins de l'animal, qui varient selon le sexe, la souche et le stade physiologique. La capacité de choix est renforcée par une période d'apprentissage. Le milieu de vie est aussi déterminant : la température ambiante ainsi que la situation physique des aliments offerts (mangeoires différentes ou non, position relative des mangeoires et espace relatif occupé par les différentes fractions alimentaires) modulent les choix. La vie en groupe permet une meilleure acquisition de l'aptitude à une sélection .

La sélection alimentaire est en définitive le résultat d'un compromis entre l'appétence relative des aliments proposés et les besoins du poulet dans un environnement donné (Noirot *et al* , 1998). Il faut noter que l'interprétation des choix alimentaires des animaux est souvent confuse.

Le « bon » choix du poulet n'est pas toujours celui qui induit la croissance maximale (Sieg)l'alimentation séquentielle donne la possibilité au poulet d'exprimer des tendances naturelles de consommation, contraintes néanmoins par la durée de distribution des aliments. Le poulet est en effet poussé à consommer un aliment moins préféré si la durée d'accès est longue (Noirot *et al* , 1998).

Les travaux de thèse de Bouvarel (2009) ont examiné l'évolution de l'ingestion et du comportement alimentaire des animaux à l'échelle de la journée et ce à 2 âges différents d'introduction de l'alimentation séquentielle (10 et 18 jours) pour comprendre comment les poulets ajustent leur ingestion, et avec quel délai de réponse, en dissociant les effets propres des teneurs en énergie et en protéines. Les résultats obtenus indiquent que la réaction des

poulets est différente selon l'aliment distribué et que cette dernière reflète, à l'échelle de 24h, la consommation immédiate (1h).

Les poulets réagissent de manière particulièrement marquée à la variation de concentration énergétique, avec une ingestion alimentaire supérieure de l'aliment le plus énergétique comparée à l'aliment le moins énergétique. Aussi, au sein de la journée, il n'y a pas d'adaptation de l'ingestion à la concentration énergétique de l'aliment dans un objectif d'équilibre de la balance énergétique, qui ne s'effectue qu'à l'échelle du cycle (48h) (Bouvarel, 2009).

Ces réactions semblent générées par des préférences alimentaires provenant du contact simultané et régulier avec chacun des deux aliments. Ces références pourraient être le fruit d'un apprentissage qui conduit à la reconnaissance des aliments de par leurs caractéristiques physiques et/ou par repère temporel (Bouvarel, 2009). Ceci conforte l'idée développée par Haskell (2001), selon laquelle « *les poulets ont une attente vis-à-vis de leur aliment* ».

Des travaux réalisés en parallèle par Tesseraud (2008) sur ces mêmes animaux à 14 et 15 jours d'âge, indiquent qu'il existe au cours de l'alimentation séquentielle des adaptations métaboliques notables au niveau de l'utilisation ou du stockage des nutriments. La régulation de la traduction et de la protéolyse musculaire, ainsi que la lipogenèse et la lipolyse sont modifiées. Ces mécanismes d'adaptation nutritionnelle permettent certainement au poulet de chair de valoriser des régimes déséquilibrés et de satisfaire les besoins nutritionnels nécessaires à sa croissance sur le long terme. La baisse de l'efficacité énergétique avec les aliments variant en protéines seules ou associées à l'énergie, peut s'expliquer par une plus forte utilisation de l'énergie, particulièrement pour la production de chaleur, liée par exemple à une activité plus importante, et aux réponses métaboliques. Les conséquences de ces changements sur les dépenses énergétiques sont inconnues.

Néanmoins, en situation classique d'alimentation avec un aliment présentant un ratio énergie/protéines élevé, l'excès d'énergie ingérée relativement à la teneur en protéines conduit à une augmentation de la production de chaleur et de la rétention sous forme de dépôt adipeux (Buyse *et al*, 1992 ; Kita *et al*, 1993 ; Swennen *et al*, 2004).

En revanche, l'amélioration du pH ultime (24h après abattage) des filets de poulets nourris avec les alternances P+/P- (5,9 vs >6) suggère une réserve en glycogène supérieure dans les muscles au moment de la mort de l'animal et donc des réserves énergétiques musculaires plus élevées. Pour les aliments variant en énergie seule, qui n'ont pas entraîné de modification de l'efficacité alimentaire énergétique, les rapports énergie : protéines moins différents d'un jour à l'autre que pour les autres traitements, semblent moins limitant.

Chez le poulet, la réaction à court terme est beaucoup plus longue avec une variation de la teneur en protéines, comparée à la réaction résultant d'une déficience en un AAE.

En situation de choix entre des aliments équilibré ou déficient (-30 ou -15%) en un acide aminé (lysine, acides aminés soufrés ou tryptophane), les poulets expriment un choix net, après deux jours, pour l'aliment équilibré (Noble *et al* , 1993 ; Picard *et al* , 1993)

Avec l'alternance quotidienne d'aliments supplémenté ou non en méthionine, (Picard *et al* , 1999) indiquent que les poulets réduisent leur ingestion en moins de 4h, et après une semaine d'adaptation, en moins d'une heure.

Le niveau d'ingestion dépend de la teneur énergétique de l'aliment, l'équilibre de la balance énergétique se concrétisant par un ajustement entre l'ingestion et la concentration énergétique de l'aliment. Cet ajustement est loin d'être exact lors d'une alimentation complète chez le poulet de chair à croissance rapide, la sélection génétique ayant modifié l'expression de groupes de gènes spécifiques allant dans le sens d'une moindre sensibilité aux facteurs anorexigènes (Richards, 2003).

La théorie d'Emmans (1991) stipulant que l'animal est capable de choisir un aliment adéquat pour répondre à son objectif nutritionnel quand un choix est offert, se vérifie donc à l'échelle de 48h mais pas au sein d'une même journée.

Les poulets font des ajustements « appropriés » (au sens du nutritionniste) à l'échelle de deux jours, peut-être parce que la durée du cycle de 48h permet d'orienter favorablement ce choix. Une fois reconnus, les aliments sont consommés en fonction de leur teneur en protéines, avec une surconsommation légère de l'aliment le moins protéique et une sous

consommation de l'aliment le plus concentré, comme observées en alimentation complète classique (Bouvarel, 2009).

La notion de «besoin alimentaire» définie par les effets des caractéristiques nutritionnelles sur la croissance et l'efficacité alimentaire a été créée par le nutritionniste qui, Lui, à « besoin » de normes et cherche à contrôler la production. Le postulat de départ est bien Souvent que l'animal mange pour satisfaire ses besoins et est capable de choisir ses aliments Pour les satisfaire.

Le modèle d'alimentation séquentielle utilisé dans les travaux de Bouvarel (2009) permet de montrer effectivement que les poulets sont capables d'adapter à long terme leur ingestion et consomment finalement les mêmes quantités de nutriments que les Poulets nourris avec un aliment complet, considéré comme optimal du point de vue du nutritionniste.

Les poulets nourris par alternance sont toutefois en situation de choix dirigé. Le cycle de 48 h assez long contraint le poulet à ne pas sur exprimer ses préférences alimentaires, comme avec des cycles de 24 h (Bouvarel, 2009).

Le poulet « moderne » a tendance à manger en privilégiant l'aliment le plus énergétique et ne semble pas détecter facilement un aliment à faible ou forte teneur en protéines, avec des alternances d'aliment tous les 24h. La teneur en protéines, à toutes les échelles considérées, a un plus faible impact sur l'ingestion. Ces mécanismes d'adaptation liés à l'énergie ou aux protéines sont différents, sans adaptation particulière de l'ingéré protéique en fonction de l'énergie, avec une vitesse d'apprentissage très rapide pour l'énergie et très lente pour la protéine. Ces adaptations progressives suggèrent qu'il existe un effet de l'expérience sur la consommation et sur les préférences alimentaires (Bouvarel, 2009).

II.2. Alimentation séquentielle en conditions tropicales :

L'intérêt de l'utilisation de l'alimentation séquentielle pour compenser les effets négatifs d'un climat tropical chez les poulets de chair en finition a été évalué par Lozano *et al* (2006). Le retrait de l'aliment pendant les phases les plus chaudes de la journée (09:00 à 16:00 h) a

été comparé à la distribution *ad libitum* de maïs broyé ou d'un aliment commercial pendant la même période, chez des poulets de chair élevés en milieu tropical (température moyenne de 25°C ; humidité relative moyenne de 72 %) entre 28 et 42 jours d'âge. Entre 16:00h et 09:00h, tous les poulets recevaient l'aliment commercial *ad libitum* et le poulailler était continuellement éclairé. Chaque régime expérimental était distribué à 7 parquets de 14 poulets non sexés.

Dans ces conditions, le retrait d'aliment comme la distribution de maïs ont réduit la croissance ($P < 0,01$) et détérioré l'indice de consommation ($P < 0,01$) par rapport aux témoins nourris *ad libitum*. A l'âge de 41 jours, la température corporelle moyenne mesurée à 14:00 h chez les témoins (42,56°C) était supérieure ($P < 0,002$) à celle mesurée chez les poulets recevant du maïs (42,27 °C) ou mis à jeun (42,11°C). Ces effets mesurés entre 4 et 6 semaines d'âge chez des poulets exposés à un climat tropical modéré, illustrent les limites du retrait de l'aliment ou l'alimentation séquentielle dans des conditions pratiques (Lozano *et al* , 2006).

A l'issue de cet expérience, les auteurs préconisent d'associer la distribution de maïs ou le jeûne diurne à un régime complémentaire nocturne plus riche en acides aminés indispensables que le régime commercial.

II.3. Alimentation à base de céréales graines entières :

Les céréales sont les composantes majoritaires de l'aliment du poulet. Dans la pratique actuelle, elles sont d'abord broyées puis mélangées avec les autres matières premières pour constituer un aliment complet unique adapté à la phase d'élevage. Dans certains pays nordiques de l'Europe, l'introduction de céréales entières (blé principalement), simultanément ou alternativement avec un aliment complet, n'affecte pas les performances de croissance et permet de réduire les couts de stockage, de transformation et de transport des céréales si l'aviculteur les produit (Noirot *et al* , 1998).

Dans ce contexte, l'avantage offert par l'alimentation séquentielle est la simplicité de sa mise en œuvre en pratique puisqu'elle permet l'utilisation des installations de distribution alimentaire du régime complet déjà existantes. Avec un silo supplémentaire au sein de

l'élevage, des céréales en l'état peuvent être ainsi combinées à un aliment standard Complémentaire de manière aisée.

Dans des conditions expérimentales diverses (climat, logement, type de céréale, composition de l'aliment complémentaire, âge d'introduction de la céréale), des résultats globalement encourageants sont parfois obtenus : par exemple, avec du blé entier entre 18 et 46 jours et un programme lumineux alterné avec une heure d'éclairage toutes les quatre heures (Rose et Lambie , 1986), du sorgho entier à partir de 10 jours (Mastika et Cumming, 1987) ou du blé entier entre 7 et 49 jours (Leeson et Caston ,1993).

Dans tous ces essais, les vitesses de croissance sont semblables à celles obtenues avec un aliment complet.

Dans l'essai de Covasa et Forbes (1994), des poulets consomment en moyenne 15% de blé entier dans leur ration globale entre 1 et 49 jours d'âge lorsqu'ils sont nourris avec un aliment complet « Démarrage » offert pendant 18h, suivi de blé complet pendant 6h. Avec des séquences d'égales durées pour les deux types d'aliments (8 heures) et un aliment formulé à partir d'un aliment complet duquel on a ôté la moitié du blé (30% de protéines, 3060 kcal/kg), les poulets consomment, entre 28 et 49 jours d'âge, 44% de leur ration sous forme de céréales entières (Rose *et al* , 1995). Les performances de croissance enregistrées dans ces deux études sont similaires à celles obtenues avec l'aliment complet unique.

Avec des séquences trop courtes (4 heures), le poulet peut exprimer un rejet de la céréale et jeûner jusqu'à la séquence « aliment complémentaire » qui suit. Des séquences supérieures de 12 heures peuvent mettre l'animal en situation de carence nutritionnelle. Il semble qu'une durée intermédiaire, de l'ordre de 8 heures, soit préférable (Rose *et al*, 1995 ; Noiro *et al*, 1998).

Après une semaine d'âge, l'âge absolu d'introduction de la céréale en alimentation séparée ne semble pas modifier la durée de la période d'adaptation nécessaire pour constituer un régime globalement équilibré (Yo *et al* , 1997). Cette période est variable : elle est fonction des différences de présentation et de composition du régime précédant le choix entre une céréale et un aliment complémentaire (Rose et Kyriasakis, 1991) .

Chapitre III

*Utilisation de l'orge
dans l'alimentation
du poulet de chair*

Chapitre III : Utilisation de l'orge dans l'alimentation du poulet de chair :

III.1.Présentation de l'orge L'orge commune (*Hordeum vulgare*) (figure2) :

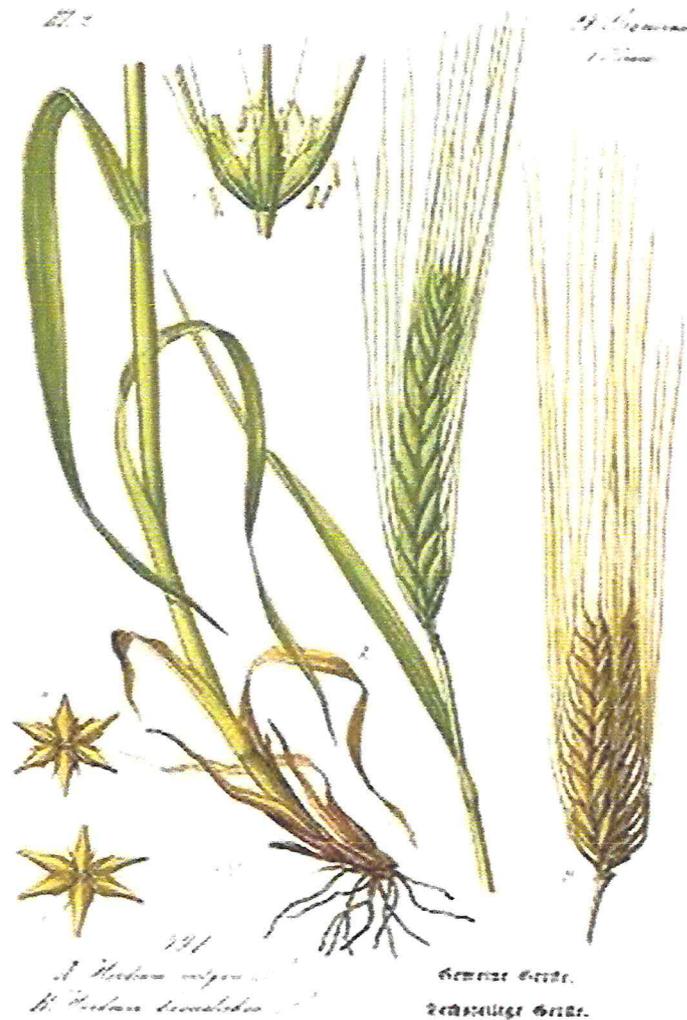


Figure 2 : présentation de l'Orge commune (*Hordeum vulgare*)

est une céréale à paille, plante herbacée annuelle de la famille des poacées (autrefois appelées graminées) (http://fr.wikipedia.org/wiki/Orge_commune).

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 3 : grain d'orge

Deux grands types d'orge sont distingués :

Les orges à 6 rangs (*Hordeum hexastichum*), c.-à-d. dont l'épi est constitué de 6 rangs de grains autour du rachis, sont essentiellement des variétés d'hiver.

Encore appelées esourgeons, elles présentent les rendements les plus élevés de toutes les orges et sont principalement destinées à l'alimentation animale ([http://www.respectin.com/#17 - agricotheque/93-orge](http://www.respectin.com/#17-agricotheque/93-orge)).

Les orges à 2 rangs (*Hordeum distichum*), ou paumelles, sont plutôt cultivées au printemps et utilisées en brasserie (<http://www.respectin.com/#17-agricotheque/93-orge>).

III.2.Composition chimique de l'orge :

Les glucides représentent en moyenne 80% de la matière sèche des graines d'orge et sont constitués essentiellement d'amidon localisé au niveau du caryopse et qui représente la principale source d'énergie de cette céréale (Tableau 3) (Benabdeldjelil ,1999).

La cellulose, principalement concentrée dans les glumelles (50 à 60%), les enveloppes du grain et les parois cellulaires de la couche d'aleurone, représente 5 à 8% en moyenne de la matière sèche. Sa teneur est relativement élevée chez les orges locales (Benabdeldjelil, 1999).

L'orge a une teneur en matières grasses moins élevée que celle du maïs, du sorgho ou de l'avoine. Les teneurs moyennes observées varient de 1,5 à 2,5%. 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).du plus l'absence de colorants en quantité suffisante dans l'orge peut être corrigée par

l'emploi de matières premières riches en ces constituants ou l'addition de produits synthétiques (Benabdeldjelil, 1999).

L'orge est une céréale relativement pauvre en protéines par rapport au blé ou au triticale mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs. La teneur en protéines est influencée par la variété, et son mode de culture. Les protéines de l'orge présentent un profil en acides aminés mieux adapté aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé. Les teneurs en calcium et en sodium sont légèrement supérieures à celles du maïs. L'orge demeure une céréale relativement pauvre en ces éléments (Jeroch *et al*, 1995).

III.3. Valeur nutritive de l'orge :

L'utilisation de l'orge par le poulet dépend de ses caractéristiques physico-chimiques, de sa valeur nutritive et des effets des facteurs antinutritionnels qu'elle peut contenir. La valeur énergétique de l'orge est l'une des plus faibles parmi les céréales usuelles liée en partie au taux de fibres élevé des graines. Les mesures effectuées sur des orges locales montrent des valeurs moyennes allant de 2854 à 2885 kcal/kg (Benabdeldjelil, 1999).

Les coefficients de digestibilité des protéines de l'orge, de l'ordre de 69 à 79% sont comparables à ceux du maïs (Tableau 1).

Les principaux facteurs antinutritionnels des orges sont les bêta-glucanes correspondant à des polysides solubles non amylacés constitués de chaînes de glucose liés en β 1-4 et β 1-3. La molécule est linéaire et composée de polymères de poids moléculaire élevé. La présence de liaisons β 1-4 et β 1-3 introduit des irrégularités moléculaires encourageant la formation de gels visqueux par solubilité augmentant leur indigestibilité (Benabdeldjelil, 1999).

Ces caractéristiques nutritionnelles de l'orge peuvent être améliorées par l'emploi de procédés technologiques appropriés, par des traitements hydrothermiques ou enzymatiques permettant de réduire l'effet des facteurs antinutritionnels présents dans la graine (Jeroch *et al*, 1995 ; Benabdeldjelil, 1999).

III.4. Effets de l'incorporation de l'orge dans l'aliment du poulet de chair :

L'analyse des données bibliographiques montrent que l'inclusion de l'orge dans l'aliment de volailles donne des résultats très variables d'une expérimentation à l'autre. Ceci serait lié à plusieurs facteurs tels que: la variété d'orge incorporée, sa composition chimique et ses caractéristiques nutritionnelles ; l'âge des animaux utilisés ; les caractéristiques nutritionnelles globales des régimes ; la nature, la dose et la composition des complexes enzymatiques éventuellement rajoutés et les autres composantes des régimes (Blum ,1980 ; Jeroch *et al* , 1995 ; Benabdeljelil ,1999).

Néanmoins, il semble que l'incorporation de l'orge à des niveaux supérieurs à 30% dans les régimes distribués aux poulets de chair entraîne une réduction des performances de croissance et une augmentation de l'indice de consommation (Benabdeljelil ,1997 ; Bennett *et al* , 2002).

Benabdeljelil (1999) rapporte que l'inclusion de 15, 20 ou 25% d'orge locale marocaine dans des aliments de poulets de chair, distribués *ad libitum* durant 47 jours, donne lieu à des niveaux de performances comparables à ceux de lots témoins ayant 0 à 10% d'orge.

En revanche, des taux d'incorporation de 30, 35 ou 40% d'orge dans l'aliment induisent une baisse significative des gains de poids (-16% en moyenne) et une détérioration significative de l'efficacité alimentaire (écart moyen 13%) par rapport au poulets nourris avec 10% d'orge dans l'aliment (Benabdeljelil ,1999).

L'examen des résultats de travaux publiés relatifs à l'ensemble des volailles, permet de constater que le jeune poulet est le plus sensible aux effets des bêta-glucanes hydrosolubles; qui se manifestent par une réduction de la consommation alimentaire et de la croissance. L'observation d'une croissance anormale chez les poulets nourris d'aliment à base d'orge remonte au moins aux années 1930. Outre les traitements mécaniques (broyage, décorticage) et les traitements thermiques et hydro thermiques, les additions d'enzymes aux aliments à base d'orge constituent la voie d'amélioration la plus répandue.

Tableau 1. Digestibilité comparée des protéines de l'orge et du maïs (Larbier et Leclercq ,1992).

Digestibilité réelle (%)	Maïs	Orge
Azote	88,5	82,8
Lysine	78,6	80,1
Méthionine	91,5	85,2
Cystine	78,8	84,2

En bref, l'orge est une matière première caractérisée par (Benabdeldjelil, 1999):

- une valeur énergétique moyenne,
- un taux de matière grasse inférieur à celui du maïs mais une teneur protéique plus élevée,
- un profil en acides aminés satisfaisant les besoins des volailles, des niveaux en lysine et en méthionine+cystine correspondant respectivement à 3,6% et 3,9% des protéines,
- un taux de fibres plus élevé que celui du maïs.

III.5. Les principales variétés d'orge cultivées en Algérie :

L'orge est cultivée en Algérie là où le blé ne peut donner de bon rendement, c'est-à-dire dans les zones semi-arides. Elle occupe les moins bonnes terres, parmi celles réservées aux blés. Comme on peut trouver dans les zones marginales à sol plus ou moins pauvres et cela grâce à sa rusticité (Oufroukh et Hamadi, 1988; Khaldoune ,1989).

Synthèse bibliographique

Les variétés d'orge cultivées en Algérie sont indiquées dans le tableau :

Tableau 2: Quelques variétés d'orge cultivées en Algérie et leurs caractères (Anonyme 1996).

Variétés Caractères	REMADA	SAIDA183	TICHEDRETTE	RAHANE 03
Morphologie Epi Paille Grain	6 rangs, compact blanc courte , crusse gros, blanc	6 rangs lâche à barbe non pigmentée moyenne creuse blanc, long, étroit et peu ridé	6 rangs, compact à barbes très longues moyenne long et peu ridé	Effilé à 6 rangs, compact Courte Blanc, arrondi
Cycle végétatif tallage	Précoce fort	Semi-précoce moyen	précoce moyen	Précoce Fort
Comportement à l'égard des maladies	Tolérante aux rouilles jaune, noire et brune	Sensible aux rouilles, rhynchosporiose Très sensible à l'helminthosporiose et à l'oïdium	Sensible à la rouille jaune et à la rhynchosporiose Assez tolérante a l'helminthosporiose	Tolérante à la rhynchospori ose, à la rouille brune et à l'helminthosp oriose
Productivité	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Zone d'adaptation	Plaines intérieures	hauts plateaux	Plaines intérieures, hauts plateaux	Plaines intérieures, hauts plateaux, littoral

Tableau 3. Composition chimique de différentes variétés d’orge locales (en % de la MS) (Alloui, 2003).

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

MS : Matières Sèches ; PB : Protéines Brutes (Matières azotées totales) ; CB : Cellulose Brute ; ADF : Acid Detergent Fiber ; NDF : Neutral Detergent Fiber ; ENA : Extractif Non

III.6. Production d’orge en Algérie :

En Algérie, l’orge est la 2^{ème} céréale cultivée après le blé. L’orge occupe avec le blé dur 80% de la surface ensemencée en céréales chaque année. Elle reste un pays importateur de toutes les céréales malgré la place importante qu’occupe ces dernières, de fait qu’elles servent de base à l’alimentation humaine. Ces importations sont passés de 4.9 millions de tonnes (moyenne campagnes 1978/1979/1980) à 15 millions de tonnes (moyenne campagnes 1995/1996;1996/1997;1997/1998) soit plus de 220%.

L’orge commune (*Hordeum vulgare*) est une céréale à paille, plante herbacée annuelle de la famille des poacées. Elle est la plus ancienne céréale cultivée. Bien adaptée au climat méditerranéen du fait de sa rusticité, elle constituait ainsi la principale céréale cultivée dans l’Antiquité grecque et était consommée sous forme de galette ou de bouillie (*maza*). L’orge pousse aussi bien sous le tropique qu’à 500 m d’altitude au Tibet.

III.7. Une Amélioration de la productivité céréalière en Algérie :

Des constats ont relevés que ces dernières années, la production céréalière en blé et en orge a fait :

- Des excédents de productions d'orge dégagés.
- Des possibilités d'exportation nulles.
- Des capacités de stockage et de transformation insuffisantes.
- D'où l'intérêt de valoriser l'orge dans l'alimentation animale.

Chapitre IV

*Valorisation de
l'orge par l'emploi
d'additifs
enzymatiques*

Chapitre IV : Valorisation de l'orge par l'emploi d'additifs enzymatiques :

IV.1. Données générales sur les enzymes utilisées dans l'aliment du poulet :

De manière générale, les enzymes ajoutées aux aliments des volailles doivent être assimilées à une extension du système enzymatique de leur tube digestif. Choisies 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).

Les enzymes étant très spécifiques de leurs substrats, 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).

En effet, l'addition de ses enzymes a amélioré de 20 à 50% le taux de croissance des poulets de chair (Elwinger et Saterby, 1987; 1988). Cette amélioration est due à l'augmentation de l'ingestion alimentaire chez les poulets de chair (Fuente, 1995; Hesselman, 1981 ; Hesselman, 1982; MacLean, 1994; Pettersson, 1989; Rose et Njeru, 1989). De plus, le gain de poids et le poids final sont supérieurs pour les poulets de chair alimentés avec de l'orge entière additionnée d'un supplément enzymatique que pour ceux recevant de l'orge entière sans supplément enzymatique (Brufau, 1991; Cantor, 1989; Elwinger et Saterby, 1987; Friesen, 1992 ; Newman et Newman, 1988; Svihus et Newman, 1996). Même après un stockage anaérobique de l'orge humide, l'ajout de α -glucanase dans la ration a augmenté significativement la consommation alimentaire, le gain de poids et a amélioré la conversion alimentaire (Hesselman, 1981).

Pourtant, l'utilisation d'enzymes de source bactérienne ou fongique n'a pas modifié les performances (Willingham, 1959). En effet, dans les deux cas, il y a eu augmentation significative de la croissance et une meilleure utilisation alimentaire en comparaison avec une ration d'orge non additionnée d'enzymes (Willingham, 1959). L'addition d'enzymes à une ration contenant de l'orge entière joue un rôle important dans l'amélioration de la conversion alimentaire (Arscott, 1960). En effet, l'ajout d'enzymes dans une ration contenant jusqu'à 60% d'orge entière a amélioré

significativement la conversion alimentaire (Svihus et Newman, 1996), Cette recherche avait indiqué que les enzymes sont aussi efficaces pour les aliments contenant de l'orge entière que pour ceux contenant de l'orge moulue. Plusieurs recherches avaient ainsi noté l'amélioration de la conversion alimentaire avec une ration contenant des niveaux élevés d'orge entière additionnée d'enzymes (Esteve-Garcia, 1997 ; Francesch, 1994, MacLean , 1994; Pettersson , 1 WOb; Svihus, 1997~)

IV.1.1. Le complexe Rovabio ® Max AP :

Rovabio et utilisé sous forme de poudre dilué au primix et en liquide en spray en traitement ou avec malaxeur alla dose 50g par ton ou 0.2 l par ton ([http://www.verusalliance.com/pdf/Rovabio Max Piglet HD.pdf](http://www.verusalliance.com/pdf/Rovabio%20Max%20Piglet%20HD.pdf)).

Le complexe : est une poudre concentrée dont l'activité principale enzymatique sont xylanase, β -glucanase pectinase et phytase obtenue à partir de deux bouillons de fermentation, de *Penicillium funiculosum* et *Schizosaccharomyces pombe*. Ce produit hydrolyse des pentosanes, β -glucanes et les phytates dans les matières premières végétales(<http://www.vitam.co.za/download/Rovabio%20MAX%20AP%20Spec%20Sheet.pdf>).

L'alimentation animale doit recevoir des xylanases et des B-glucanases qui augmentent la digestibilité en dégradant les fibres des céréales mais aussi des phytates pour assimiler le phosphore et des phytases induites par la germination des graines et a pour fonction de rendre disponibles le myo-inositol et le phosphore inorganique (<http://www.vitam.co.za/download/Rovabio%20MAX%20AP%20Spec%20Sheet.p>).

Les Xylanases

Est le nom donné à une classe d'enzymes qui dégradent le polysaccharide linéaire bêta - 1,4 - xylane en xylose, rompant ainsi le bas de l'hémicellulose, l'un des principaux composants de parois cellulaires végétales (Jean – pierre – sine ,2010).

En tant que tel, il joue un rôle majeur dans les micro -organismes en plein essor sur les sources végétales (mammifères, à l'inverse, ne produisent pas de xylanase). En outre, les

xylanases sont présents dans les champignons tels que du GRAS reconnu champignon C1, *Myceliophthora thermophila* de la dégradation de la matière végétale en éléments nutritifs utilisables(<http://www.explorecuriocyte.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Les xylanases sont des enzymes que l'on trouve communément dans les microorganismes, les algues marines, les protozoaires, les escargots, les crustacés, les insectes, les graines, les plantes et d'autres sources naturelles. La fonction principale de ces enzymes est d'hydrolyser l'hémicellulose, un type de fibre contenue dans la paroi des cellules végétales (<http://www.explorecuriocyte.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Au cours de ces réactions d'hydrolyse, un des composants des hémicelluloses, la β -1,4-xylane, s'hydrolyse en xylose, un ose simple. Le xylane est un polysaccharide que l'on retrouve dans les parois cellulaires végétales. Ces dernières années, le secteur industriel a montré un vif intérêt pour les xylanases, notamment dans les cadres du bio blanchissement de la pâte de bois, de la fabrication du papier, de la fabrication d'aliments et de boissons, de l'alimentation animale et de la production du bioéthanol. Étant donné leurs propriétés biotechnologiques, les xylanases sont généralement produites à partir de microorganismes pour des applications commerciales. Regardons quelques applications prometteuses des xylanases dans le secteur industriel (<http://www.explorecuriocyte.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Une autre application industrielle des xylanases est la bioconversion des xylanes en produits à plus forte valeur ajoutée. Pendant que l'hydrolyse enzymatique des xylanes conduit à la xylose, différentes fermentations peuvent se produire, créant divers composés. L'un des plus importants est le xylitol, qui est utilisé comme édulcorant dans différentes denrées alimentaires. dont la gomme à mâcher, les bonbons, les boissons gazeuses et la crème glacée. On peut également utiliser le xylitol comme édulcorant naturel dans les dentifrices et divers produits pharmaceutiques. (<http://www.explorecuriocyte.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Par ailleurs, les xylanases sont utilisées pour fabriquer des aliments pour animaux. Des chercheurs œuvrant dans le domaine des sciences animales ont démontré que le prétraitement de l'ensilage agricole et des céréales utilisées pour l'alimentation animale avec des xylanases améliore la valeur nutritive et facilite la digestion chez les ruminants. On a également affirmé que les xylanases réduisent la viscosité et encouragent l'absorption intestinale en hydrolysant les polysaccharides (l'amidon) dans les aliments riches en fibre à base de seigle et d'orge (<http://www.explorecuriociite.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

L'ajout d'un mélange de xylanases au régime de poulets de chair améliore les indices de rendement liés à la croissance, comme la prise de poids (<http://www.explorecuriociite.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Enfin, dans le domaine de la bioénergie, une sorte de xylanase appelée « Xtreme Xylanase » a le potentiel de révolutionner le mode de fonctionnement des bio raffineries. Parmi tous les xylanase découverts à date, c'est le plus stable en termes de thermo stabilité et en milieu acide. Il peut donc tolérer une large gamme de conditions de transformation. Les scientifiques affirment que « Xtreme Xylanase » peut rendre les prétraitements plus économiques en enlevant ou en diminuant le besoin d'utiliser la vapeur et de neutraliser le pH. De plus, « Xtreme Xylanase » peut renforcer l'efficacité de la fermentation et, de façon plus générale, rendre la biotransformation plus économique (<http://www.explorecuriociite.org/Portals/2/Themes / Biotechnology /Backgrounder-Xylanase-French.pdf>).

Les B-glucanases

L'orge contient environ 3 à 4% de B-glucanes qui agissent comme facteur antinutritionnel en accroissant la viscosité du milieu digestif des animaux (volailles et porc) avec formation de déjections collantes chez la volaille. Les glucanases sont des enzymes qui décomposent un glucane, un polysaccharide constitué de plusieurs sous-unités de glucose. Comme ils effectuent hydrolyse de la liaison glycosidique, ils sont hydrolysables (Fuente *et al*, 1995).

Par conséquent, s'il est utilisé dans la glycation de l'industrie de la bière, ce produit peut accélérer la filtration évidemment; S'il est utilisé dans l'industrie d'aliments pour animaux, ce

produit peut résoudre le problème de la viscosité élevée des aliments pour animaux (avec de l'orge en tant que composant principal) pour améliorer l'absorption de l'alimentation animale (Fuente *et al*, 1995).

Les effets prouvés de l'addition d'enzymes digestives capables d'hydrolyser les liens p-glucanes de l'orge furent étudiés par plusieurs chercheurs. Étant donnée la présence de polysaccharides non amylacés dans les grains d'orge, la préparation d'enzymes utilisée devrait contenir des B-glucanases (Fuente *et al*, 1995).

En effet, l'addition de ses enzymes a amélioré de 20 à 50% le taux de croissance des poulets de chair (Fuente *et al*, 1995).

Cette amélioration est due à l'augmentation de l'ingestion alimentaire chez les poulets de chair (Fuente *et al*, 1995). De plus, le gain de poids et le poids final sont supérieurs pour les poulets de chair alimentés avec de l'orge entière additionnée d'un supplément enzymatique que pour ceux recevant de l'orge entière sans supplément enzymatique. Même après un stockage anaérobique de l'orge humide, l'ajout de β -glucanase dans la ration a augmenté significativement la consommation alimentaire, le gain de poids et a amélioré la conversion alimentaire.

Pourtant, l'utilisation d'enzymes de source bactérienne ou fongique n'a pas modifié les performances. En effet, dans les deux cas, il y a eu augmentation significative de la croissance et une meilleure utilisation alimentaire en comparaison avec une ration d'orge non additionnée d'enzymes. L'addition d'enzymes à une ration contenant de l'orge entière joue un rôle important dans l'amélioration de la conversion alimentaire.

En effet, l'ajout d'enzymes dans une ration contenant jusqu'à 60% d'orge entière a amélioré significativement la conversion alimentaire. Cette recherche avait indiqué que les enzymes sont aussi efficaces pour les aliments contenant de l'orge entière que pour ceux contenant de l'orge moulue. Plusieurs recherches avaient ainsi noté l'amélioration de la conversion alimentaire avec une ration contenant des niveaux élevés d'orge entière additionnée d'enzymes (MacLean, 1994)

La pectinase :

Plusieurs micro-organismes secrètent des enzymes capables de dégrader les parois cellulaires comme les pectinases .L'industrie emploie souvent des pectinases isolées du genre aspergillus (Jean – pierre – sine ,2010).

Les phytases :

En assurant l'hydrolyse de l'acide phytique, les phytases ajoutées aux aliments pour animaux diminuent les rejets de phosphore .l' élevage et la production animale nécessitent un régime alimentaire adapté pour optimiser la croissance et prévenir les risques de maladie. Parmi les éléments essentiels figure le phosphore qui entre dans la composition de l'ADN, il permet les échanges énergétiques et est indispensable à la croissance du squelette.(jean -pierre Sine,2010).L'utilisation des phytases dans l'alimentation animale a été depuis deux décennies envisagée, génétiquement modifiée obtenue à partir d Aspergillus Niger, sous forme de granulés sous le nom de Natuphos qui entraîne la diminution du phosphore dans les rejets allant de 30 à35%, et d une baisse de l azote due à une meilleure assimilation des acides aminés. Ce facteur a aussi une portée très significative sur l'environnement.

Les enzymes NSP (“non starch polysaccharides” pour Polysaccharides Non Amylacés ou PNA) :

Les enzymes NSP (“non starch polysaccharides” pour Polysaccharides Non Amylacés ou PNA) sont utilisés depuis plusieurs années pour améliorer la valeur nutritionnelle des aliments pour les volailles. Ils permettent de diminuer les effets négatifs des PNA présents dans la plupart des matières premières, au niveau de leur membrane cellulaire .

Ces PNA, comprenant la cellulose, l'hémicellulose, les pectines et les oligosaccharides, correspondent à des monomères liés par des liaisons bêta qui ne sont pas digérés par les enzymes endogènes du poulet (Uzu et Sassi , 2005). La nature et la complexité de ces polysaccharides varient selon les variétés végétales considérées (Uzu et Sassi ,2005). Plusieurs types d'enzymes dégradent les PNA, les principales étant la **xylanase** et la **bêta-glucanase**.

Figure 3
La supériorité d'une combinaison multi-enzymes :
xylanases, β -glucanases, mannanases, pectinases..

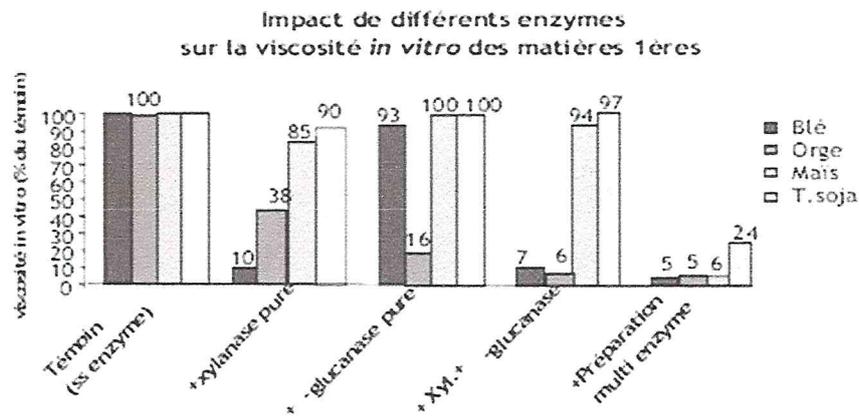


Figure 4. Comparaison des principaux nutriments dans les matières premières du Poulet de chair (d'après Uzu et Sassi, 2005)

L'incorporation d'enzymes NSP dans les aliments à base de blé ou d'orge permet de diminuer les effets négatifs liés à l'activité anti-nutritionnelle des polysaccharides non amylacés hydrosolubles. Les enzymes, en diminuant la viscosité des contenus digestifs, augmentent la digestibilité des nutriments ainsi que l'énergie métabolisable de l'aliment (Géraert *et al* , 1997). Ces effets positifs des enzymes NSP ont surtout été obtenus avec les espèces poulet de chair, dinde et poule pondeuse (Mathlouthi, 2002). Ils montrent soit une absence d'effet des enzymes NSP (Jamroz *et al.* 1998 ; Farrell et Martin, 1998), soit un effet positif sur la viscosité des digesta (Timmler *et al* , 2001), la croissance, l'indice de consommation, l'utilisation de l'azote et du phosphore, en particulier au cours des périodes de démarrage et de croissance des animaux (Jeroch *et al* , 1995 ; Jamroz *et al.* 1998).

L'incorporation d'enzymes NSP multi-activités dans les aliments volailles permet une plus grande flexibilité dans la formulation des aliments tout en sécurisant leur modification et donc de mieux tirer parti des matières premières utilisées en aviculture. Les enzymes exogènes NSP apportés par l'aliment sont activés par l'humidité, le pH et la température du tractus digestif et agissent sur leurs substrats cibles dans les céréales et les tourteaux.

L'hydrolyse des NSP conduit à la segmentation des mailles glucidiques, ce qui diminue la viscosité intestinale néfaste à l'absorption des nutriments et facilite l'accès des enzymes endogènes (amylases, protéases, lipases,...) aux nutriments piégés (Uzu et Sassi, 2005).

Au niveau iléal, la diminution de la viscosité permet une meilleure diffusion des molécules dans la lumière intestinale et donc une meilleure absorption. La réduction de la viscosité est aussi associée à une accélération du transit digestif, ce qui réduit les proliférations microbiennes au niveau iléal et donc les prélèvements des nutriments par la microflore. D'autres facteurs sont aussi affectés, comme la réduction de l'excrétion d'eau directement liée à la diminution de la consommation d'eau (Uzu et Sassi, 2005).

Les longues chaînes glucidiques des parois cellulaires sont dégradées par une combinaison d'activités enzymatiques. A chaque type de liaison chimique correspond un enzyme spécifique.

Dans une étude récente, Mathouthi (2002) a analysé l'effet de différentes activités enzymatiques sur la viscosité d'extraits aqueux de différentes matières premières (maïs, orge, blé, tourteau de soja...). Cette expérience démontre, sur des céréales telles que le blé ou l'orge, qu'une association de xylanase et beta-glucanase est plus efficace que chacune de ces activités individuellement. Cet effet est encore accru, lorsque les 2 activités sont en présence d'autres activités polysaccharidasiques et il s'applique à de nombreuses matières premières incluant le maïs et le tourteau de soja.

IV.2. Amélioration de la valeur nutritive de l'orge par les additifs enzymatiques :

De manière globale, les effets bénéfiques liés à la supplémentation enzymatique sont observés chez le poulet de chair avec différents types d'aliments : maïs ou orge ou blé tourteau de soja (Tableau 4). Ils se traduisent par une amélioration du gain de poids de 1,6 à 3,4% et de l'indice de consommation, de 2,5 à 6,8%, selon les matières premières utilisées dans les aliments (Uzu et Sassi, 2005).

Cette amélioration est à relier à une meilleure digestibilité des aliments. L'ensemble des essais réalisés sur des aliments complets avec ou sans enzymes ajoutés permettent d'évaluer l'augmentation de l'énergie métabolisable à : 65 Kcal/kg pour les aliments à base de maïs ; 140 Kcal/kg pour les aliments à base d'orge et 85 Kcal/kg pour les aliments à base de blé (Uzu et Sassi ,2005).

Tableau 4. Effet d'une supplémentation en enzymes NSP multi-activités sur les performances du poulet de chair avec différents types d'aliments (d'après Uzu et Sassi ,2005)

•Type d'aliment	Maïs-soja	Orge-soja	
Blé-soja			
•(durée de supplémentation en j)	1-49 jours	1-41 jours	
		1-36 jours	
Variations : Lot Supplémenté en Enzymes/Lot Maïs-soja			
Ingéré (g/sujet)	-2,5%	-2,6%	-
3,4%			
Poids vif (g)	+1,6%	+3,2%	
+3,4%			
Indice de consommation	-2,5%	-5,7%	-
6,8%			

De manière globale, les effets bénéfiques liés à la supplémentation enzymatique sont observés chez le poulet de chair avec différents types d'aliments : maïs ou orge ou blé -tourteau de soja (Tableau 4). Ils se traduisent par une amélioration du gain de poids de 1,6 à 3,4% et de l'indice de consommation, de 2,5 à 6,8%, selon les matières premières utilisées dans les aliments (Uzu et Sassi ,2005). Cette amélioration est à relier à une meilleure digestibilité des aliments. L'ensemble des essais réalisés sur des aliments complets avec ou sans enzymes ajoutés permettent d'évaluer l'augmentation de l'énergie métabolisable à : 65 Kcal/kg pour les aliments à base de maïs ; 140 Kcal/kg pour les aliments à base d'orge et 85 Kcal/kg pour les aliments à base de blé (Uzu et Sassi, 2005).

Les premières études d'utilisation d'enzymes dans les régimes à base d'orge ont eu lieu vers la fin des années 1950 (Benabdeljelil, 1991).

Elles étaient axées sur l'utilisation d'activités essentiellement amylolytiques. Actuellement, les préparations enzymatiques commercialisées pour le traitement des orges sont des mélanges d'enzymes à activités multiples et variées. On y trouve des béta-glucanases, des cellulases, des amylases, des hémicellulases, et des protéases (Benabdeljelil, 1991).

Grâce aux préparations enzymatiques capables d'hydrolyser les PNA, dans certains pays, l'introduction de l'orge est devenue presque exclusive comme composant céréalière (en substitution du maïs) des rations des poulets de chair.

Le remplacement du maïs par l'orge dans les aliments de poulet de chair jusqu'à un niveau de 40% en présence de complexes enzymatiques commerciaux ne semble pas avoir d'effet significatif sur les performances. Par contre, l'augmentation du niveau de substitution à un niveau de 50% ou 75% donne lieu à une réduction significative du gain de poids et de l'efficacité alimentaire. L'addition de complexes enzymatiques commerciaux, aux doses recommandées par les fournisseurs, aux régimes ayant des teneurs élevées en orge permet d'obtenir des niveaux de performances identiques à ceux des traitements 'homologues' sans ajout d'enzymes. (Piton 1979 ; Hesselman et Aman 1986 ; Campbell et Grootwassink, 1988 ; Benabdeljelil, 1991).

Ceci serait dû à une réduction de la viscosité et une augmentation de la digestibilité des nutriments et de l'EMA (Fuente *et al*, 1995 ; Villamide *et al*, 1997 ; Huyghebaert et De Groote, 1995). D'après ces études, l'apport d'enzymes améliore la croissance et l'indice de consommation à 43 jours de 3 à 6%. De même, il améliore de 2% le rendement de carcasses de poulets et réduit l'humidité des fientes. L'apport de produits ayant une activité enzymatique agit très favorablement entre 0 et 21 jours de la vie du poulet. L'apport de l'orge, à raison de 30 puis 40% augmente la consommation d'eau par rapport à celle du témoin mais l'apport de 1 g/kg d'un complexe enzymatique aux régimes contenant de l'orge maintient le niveau de consommation d'eau égal à celle de Maïs-soja. L'apport de produits enzymatiques augmente en conséquence la teneur en matière sèche des excréments.

Une autre étude, menée au Canada, a évalué l'effet de régimes à base d'orge avec ou sans préparation enzymatique sur la croissance des poulets de chair de 3 à 6 semaines d'âge. Les traitements comprenaient des régimes de croissance et de finition utilisant deux cultivars d'orge cultivés dans la région dans les proportions de 0, 20, 40 et 60%, additionnés d'une préparation enzymatique commerciale à raison de 0 ou 1 000 mg/kg d'aliments. Le régime de démarrage ne contenait pas d'orge (MacLean *et al* , 1994). L'inclusion de la préparation enzymatique dans les régimes à base d'orge 2 rangs produisait des poulets significativement plus lourds à 6 semaines et améliorait significativement l'indice de consommation entre la 5^e et la 6^e semaine, ce qui laisse voir une réaction aux enzymes chez les poulets plus âgés.

En Algérie, des tests *in vitro* ont été réalisés pour évaluer l'efficacité d'une préparation enzymatique sur 3 variétés d'orge locale (Saïda 183, Tichedrett et Robur) afin de déterminer la viscosité ainsi que les fractions ADF et NDF avec ou sans addition de préparations multienzymatiques (Quatrazyme HP, Nutri-Tomen, France) contenant deux enzymes principales (xylanase et β -glucanase) et d'autres enzymes à activités secondaires (cellulase, glucosidase, galactosidase, arabino-furanosidase et xylosidase) (Alloui *et al* , 2003). Ces auteurs ont montré un effet positif aussi bien sur l'amélioration de la viscosité que sur l'hydrolyse des PNA même si ces 3 variétés d'orge cultivées en Algérie sont considérées comme variétés à faible viscosité.

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.

En bref, l'orge est une matière première caractérisée par : une valeur énergétique moyenne, un taux de matière grasse inférieur à celui du maïs mais une teneur protéique plus élevée,

un profil en acides aminés satisfaisant les besoins des volailles, des niveaux en lysine et en méthionine+cystine correspondant respectivement à 3,6% et 3,9% des protéines, un taux de fibres plus élevé que celui du maïs. Ces caractéristiques nutritionnelles de l'orge peuvent être améliorées par l'emploi de procédés technologiques appropriés, par des traitements hydrothermiques ou enzymatiques permettant de réduire l'effet des facteurs antinutritionnels présents dans la graine (Jeroch *et al* , 1995 ; Benabdeljelil ,1999).

De manière générale, les enzymes ajoutées aux aliments des volailles doivent être assimilées à une extension du système enzymatique de leur tube digestif. Choisies 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). Les enzymes étant très spécifiques de leurs substrats, 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).

conclusion

La présente étude nous a permis d'évaluer, dans nos conditions d'élevage, l'intérêt de l'application de l'alimentation basée sur une distribution de grains d'orge entiers et enzyme avec un aliment classique unique Maïs – Soja, sur les paramètres zootechniques du poulet de chair.

Dans notre étude, l'alimentation à base d'orge a ralenti la croissance pondérale des poulets et a diminué davantage l'ingéré alimentaire, aboutissant ainsi à de meilleurs indices de conversion et de consommation alimentaires.

Dans le mode de distribution alimentaire continu, la supplémentation en enzymes a augmenté la consommation globale des poulets et a amélioré leur croissance mais n'a pas modifié de manière significative l'efficacité de transformation alimentaire.

Aliment à base d'orge grains entiers et additifs enzymatiques dans l'aliment complet s'est avérée positive puisqu'elle a permis d'obtenir, chez les poulets, des performances de croissance similaires à celles des poulets alimentés à base d'aliments maïs-soja, avec une efficacité d'utilisation de l'aliment quasi identique.

De plus, l'ajout du complexe enzymatique a corrigé l'altération des performances induite par l'incorporation de l'orge seule.

D'après nos données, l'alimentation à base d'orge et la supplémentation alimentaire en enzymes n'ont pas d'effets significatifs sur le poids de la carcasse prête à cuire.

Au vu de ces résultats, l'incorporation d'un aliment à base de grains entiers d'orge et enzyme permet d'obtenir des performances zootechniques comparables avec celles enregistrés avec un aliment classique unique Maïs – Soja.

Ce mode de distribution alimentaire, non encore pratiqué dans nos élevages, permettra d'intégrer l'orge en l'état dans l'aliment du poulet afin de réduire le coût de production du kilogramme de viande blanche, particulièrement si cette céréale est produite en excès, tel que indiqué par le tonnage produit au cours de l'année 2009.

De plus, cette technique alimentaire est attrayante car elle est simple dans sa mise en œuvre pratique et de surcroît, ne demande pas d'équipements spécifiques.

Sans oublier le côté économique, qui est le plus important, l'utilisation de l'orge entier dans l'alimentation de poulet de chair permet de réduire les dépenses avec presque les mêmes résultats.

Enfin, le développement des préparations enzymatiques commerciales ouvre la porte à une utilisation plus importante d'aliments secondaires et de coproduits industriels actuellement peu employés dans l'aliment du poulet. Toutefois, l'amélioration de la croissance induite par l'emploi de ces enzymes exogènes reste encore peu explorée sur le plan métabolique et physiologique.

*Références
bibliographiques*

A

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.

B

Beaumont C., Chapuis H., (2004). Génétique et sélection avicoles : évolution des méthodes et des caractères. INRA Prod. Anim., 17.

Beckers Y. et Piron F. (2009). Utilisation des enzymes exogènes en alimentation porcine et avicole. In : Proceedings of 9ème Journée de Productions porcines et avicoles, 45-53.

Benabdeljelil K. (1991). Valorisation des orges locales par l'addition de complexes enzymatiques commerciaux aux aliments de poulet de chair. Actes Institut Agronomique Vétérinaire, N°11, 5-11.

Benabdeljelil K. (1997). Barley as alternative feedstuff for laying hens. Bulletin Animal Heath 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.

Bennett CD, Classen HL, Riddell C. (2002). Feeding broiler chickens wheat and barley diets containing whole, ground and pelleted grain. Poultry Science, 81, 995-1003.

Blum J.C. (1980). Etude préliminaire sur les constituants responsables de la mauvaise utilisation de l'orge chez le jeune poulet.- In : Rap. Nufr. Develop., 20, 1717-1722.

Bouvarel I, Barrier-Guillot B, Larroude P, Boutten B, Leterrier C, Merlet F, Vilarino M, Roffidal L, Tesseraud S, Castaing J and Picard M (2004). Sequential feeding programs for broiler chickens: twenty-four- and forty-eight-hour cycles. Poultry Science 83(1), 49-6

Bouvarel I. (2009). Variations d'ingestion chez le poulet de chair lors d'une alimentation séquentielle. Thèse pour obtention du grade de Docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) Spécialité : Ethologie, Nutrition Animale, 127 pages.

Buyse J, Decuypere E, Berghman L, Kühn ER and Vandesande F (1992). The effect of dietary proyein content on episodic broilers. British Poultry Science 33(5), 1101-1109.

C

Campbell, and J. W. D Grootwassink. (1988). Improved feeding value of Saskatchewan-grown barley for broiler chickens with dietary enzyme supplementation. In: the Agricultural Institute of Canada, 68(4), 1253-1259.

Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Johnson, T.H. and Pfaff, W.K. 1989. Influence of Beta-glucanase Ailzyme on performance of broiler chicks fed barley-based diets. In : Biotechnology in the Feed Indusrry, Proc. Alltech's Annual Symposium. T.P. Lyons, ed. Alltech Technid Publications, Nicholasville, KY

Covasa M., Forbes J.M. (1994). Performances of broiler chickens as affected by split time feeding and wheat diluted diet. In: Proceeding of the 9th European Poultry Conf., WPSA United Kingdom Branch, Roslin (UK), 1, 457-458.

Covasa M., Forbes J.M., (1995). Application of diet selection by poultry with particular reference to whole cereals. World Poultry Science Journal, 51, 149-165.

E

Emmans GC (1991). Diet selection by animals: theory and experimental design. In: Proceeding of Nutrition Society 50, 59-64.

F

Farrell D.J., Martin E.A., (1998). Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. I. The addition of food enzymes to target the non-starch polysaccharide fractions in diets of chickens and ducks gave no response. *British Poultry Science*, 39(4), 549-554.

Friesen, O.D., Guenter, W., Marquardt, R.R., and B.A. Rotter, 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 Sci.* 71 : 1710-1721

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

Géraert P.A., Uzu G., Julia T., (1997). In : Proceeding of 2èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours (France), 8-10/4/97, 59-66.

H

Haskell MJ, Vilarino M, Savina M, Atamna J and M. Picard (2001). Do broiler chicks have a cognitive representation of food quality ? Appetitive, behavioural and ingestive responses to a change in diet quality. *Applied Animal Behaviour Science* 72, 63-77.

Hesselman, K., Elwinger, K., and S. Thomke. 1982. Influence of increasing levels of P-glucanase on the productive value of barley diets for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 7: 351-358.

Hesselman K., Aman P. (1986). The effect of beta glucanase on the utilisation of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low- or high-viscosity. *Animal Feed Science and Technology* 15, 83-93.

Huyghebaert et De Groote (1995). The effect of specific enzymes on the ME_N-value and nutrient utilization of target feedstuffs in broiler and layer diets. *World's Poultry Science Association Proceeding, 10th European Symposium on Poultry Nutrition*, 176–192.

J

Jamroz D., Orda J., Wiliczekiewicz A., Skorupinska J. (1998b). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 79, 123-134.

Jean – pierre – sine (2010) . *Enzymologie et applications, professeur de biochimie université de nature (ellipses)* page 327. 359. 309. 424.

Jeroch H., Jeroch, H. and Dnicke, S (1995). Barley in poultry feeding: a review. *World's Poultry Science Journal*, 51, 271–291.

K

Kita K, Muramatsu T and Okumura J (1993). Effect of dietary protein and energy intakes on wholebody protein turnover and its contribution to heat production in chicks. *British Journal Nutrition* 69(3), 681-688.

L

Larbier M et leclercq B. (1992). In : « Nutrition et alimentation des volailles ». Editions. INRA. Paris 335 pages.

Leeson S, Caston L and Summers JD (1996). Broiler response to diet energy. *Poultry Science* 75(4), p529-535.

Leeson S., Caston L.J. (1993) Production and carcass yield of broilers using free-choice cereal feeding. *Journal of Applied Poultry Research*, 2, 253-258.

Lozano C, De Basilio V, Oliveros I, Alvarez R, Colina I, Bastianelli D, Yahav S and Picard M (2006). Is sequential feeding a suitable technique to compensate for the negative effects of a tropical climate in finishing broilers ? *Animal Research* 55, 71-76.

M

MacLean J. A. B Webster and D. M Anders. (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(3), 1918-1825.

Mastika M., Cumming R.B. (1987). Effect of previous experience and environmental variations on the performance and pattern of feed intake of choice fed and complete fed broilers. In : D.J. Farrel (ed), *Recent advances in animal nutrition in Australia*, 260-282.

Mathlouthi N. (2002). Mécanismes d'action et d'efficacité alimentaire de la xylanase et de la beta-glucanase chez les volailles. Thèse de doctorat Rennes (FRA) : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 186 p.

MADR (2009). Production des céréales, bilan 2009. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (Algérie).88-90.

N

Newman, KR., and C.W. Newman, 1988. Nutritive value of new hull-less barley cultivar in broiler chick diets. *Poultry Sci.* 67: 1573- 1 579.

Noble DO, Picard ML, Dunnington EA, Uzu G, Larsen AS and Siegel PB (1993). Food intake adjustments of chicks: short term reactions of genetic stocks to deficiencies in lysine, methionine or tryptophan. *British Poultry Science* 34(4), 725-735.

Noirov V., I Bouvarel., B Barrier-Guillot., J Castaing., J.L Zwick., M Picard (1998). Céréales entières pour les poulets de chair : le retour ? . *Productions Animales*, 11(5), 349-357.

O

Oufroukh F. et hamadi M. 1988 : Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phréologique de quelques variétés d'orge (*hordeum vulgare L.*) et leur sensibilité vis-à-vis de *drechslera graminea* Rab.Mém. Ing Agro.INA.El-harrach.p59

P

- Pettersson, D., Graham, H., and P. han, 1990.** Enzyme supplementation of low or high crude protein concentration diets for broiler chickens. *Anim. Prod.* 51 : 399-404
- Picard M, Le Fur C, Melcion J-P and Bouchot C (2000).** Caractéristiques granulométriques de l'aliment : le " point de vue " (et de toucher) des volailles. *Productions Animales* 13, 117-130.
- Picard M, Plouzeau M and Faure JM (1999).** A behavioural approach to feeding broilers. *Annales de Zootechnie* 48, 233-245.
- Picard M. (1997).** Broiler behaviour and nutritional conditions. In: proceeding of the 11th European Symposium on Poultry Nutrition, WPSA Danish Branch, Copenhagen (DK), 175-180.
- Piton P (1979).** Valeur alimentaire de différentes variétés d'orge pour le poulet en croissance ; rôle possible des Beta-glucanes. In : Symposium I Matières premières et alimentation des volailles, INRA, Station de Recherches Avicoles, Nouzilly.

R

- Richards MP (2003).** Genetic regulation of feed intake and energy balance in poultry. *Poultry Science* 82, 907-916.
- Rose S.P., Burnett A., Elmajeed R.A., (1986).** Factors affecting the diet selection of choice feed broilers. *British Poultry Science*, 27, 215-224.
- Rose S.P., Fielden M., Foote W.R., Gardin P. (1995).** Sequential feeding of whole wheat to growing broiler chickens. *British Poultry Science*, 36, 97-111
- Rose S.P., Kyriasakis I. (1991).** Diet selection of pigs and poultry. In: Proceeding of Nutrition Society, 50, 87-98.

S

- Siegel P.B., Picard M., Nir I., Dunnington E.A., Willemsen M.H.A., Williams P.E.V. (1997).** Responses of meat-type chickens to choice feeding of diets differing in protein and energy from hatch to market weight. *Poultry Science* 76, 1183-1192.
- Svihus, B., Herstad, O., and C.W. Newman, 1997a.** Effect of high-moisture storage of barley, oats, and wheat on chemical content and nutritional value for broiler chickens. *Acta A@. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 47: 39-47.
- Swennen Q, Janssens GP, Decuypere E and Buyse J (2004).** Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis. *Poultry Science* 83(12), 1997-2004.

T

- Tesseraud S (2008).** Changer la façon d'alimenter les poulets de chair pour réduire les coûts de production, et la dépendance protéique nationale et européenne - Etude du métabolisme musculaire. Rapport d'étude 35 p.
- Timmler R., Rodehutscord M. (2001).** Efficiency of different xylanase preparations in diets for pekin ducks. *Archives of Animal Nutrition*, 55 (4), 315-332.

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

Villamide M. J., Fuente J. M., Perez D' Ayala A. Flores A. (1997). Energy Evaluation of Eight Barley Cultivars for Poultry: Effect of Dietary Enzyme Addition. *Poultry Science* 76, 834–840.

Y

Yo T., Siegel P.B., Guerin H., Picard M. (1997). Self selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate: effect of feed particle size on the feed choice. *Poultry Science*, 76, 1467-1473.

Source Internet

http://fr.wikipedia.org/wiki/Orge_commune

<http://www.respectin.com/#17-agricotheque/93-orge>

<http://www.agrimaroc.net/bul55.htm>

http://www.verusalliance.com/pdf/Rovabio_Max_Piglet_HD.pdf

<http://www.vitam.co.za/download/Rovabio%20MAX%20AP%20Spec%20Sheet.pdf>

<http://www.explorecuriocite.org/Portals/2/Themes/Biotechnology/Backgrounder-Xylanase-French.pdf>