

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

**Etude comparative entre un aliment poule pondeuse
adjuvé en enzyme ou industriel sur les performances
de ponte et la qualité de l'œuf**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

du diplôme de Master

**Spécialité : biotechnologie de l'alimentation et amélioration des
performances animales**

Présenté par :

LARABI LOUBNA

Devant le jury composé de :

HADJ KADDOUR.A	MAA	USDB	Président
MEFTI KORTEBY.H	MCB	USDB	Promotrice
SAADI.M.A	Directeur ORAC Ain Boucif		Co-promoteur
SID.S	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014/2015

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et les moyens pour suivre nos études et pour la réalisation de ce travail.

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

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements

À ma promotrice madame MEFTI KORTEBY. H d'avoir m'encadrer, mais aussi pour ses conseils et sa patience, aux cours des entretiens

À mon Co-promoteur monsieur SAADI.M pour ses conseils

Mes vifs sincères remerciements à madame HADJ KADDOUR.A pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider ce jury

Mes vifs remerciements à :

Madame SID.S, d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Mes remerciements vont :

Aux enseignements de la spécialité de production animale.

À tout mes amis (es) de la Promotion de production Animale (2014-2015).

LOUBNA

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère : pour sa patience et pour son aide illimité.

Mon père : pour ses encouragements

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices

consentis à mon éducation et ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage de la profonde reconnaissance.

A mon cher frère Aissa et a mes chères sœurs Kaouthar et Chaymaà, pour leur encouragement, que dieu vous préserve longue vie et prospérité.

A mes chères collègues et amis HAMZA AHLEM, AHLEM, IMANE.H, AMINA, DJIHED, HANAN, HAYAT, SIHEM, IBTISSEM, SOFIANE, ABDOU, HAFID.

LOUBNA

SOMMAIRE

Introduction.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : L'aviculture en Algérie2

Chapitre II : Alimentation et besoins des poules pondeuses.....5

Chapitre III : Utilisation des additifs et des enzymes en
alimentation avicole10

Chapitre IV : Structure, compositions et qualité de l'œuf.....23

PARTIE EXPERIMENTALE

L'objectif.....32

Matériels et méthodes32

Résultats et discussion43

Conclusion

Références bibliographiques

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : degré Celsius

AME : Energie métabolisable apparente

Ca : Calcium

CB : Cellulose brute

CMV : Complexe minéraux vitamines

Cu : Cuivre

DRDPA : Direction de la Régulation et du Développement de la Production Agricole

Dj : Diamètre du jaune

EM : Energie métabolisable

EPE : Entreprises Publiques à caractère Économiques

Exp : Expérimental

FAO : Food and Agriculture Organisation

HCl : Chlorure d'hydrogène

I_f : Index de forme

I_j : Index de vitellus

INRA : Institut national des recherches agronomiques

INRAA : Institut national des recherches agronomiques d'Algérie

Kcal : kilo calorie

L : longueur de l'œuf

I : largeur de l'œuf

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MG : Matière grasse

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

MJ : Méga joule

ND : Non disponible

OFAL : Observatoire des Filières Avicoles d'Algérie

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Phosphore

PB : Protéine brute

pH : potentiel d'hydrogène

PNA : Polysaccharides non amylacées

PNAH : Polysaccharides non-amylacés hydrosolubles

ppm : partie par million

TP : Taux de ponte

UH : Unité Haugh

UI : Unité internationale

Zn : Zinc

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Structure des élevages avicoles en Algérie et leur production (2000).....	2
Tableau 2: Evolution des productions avicoles en Algérie	3
Tableau 3: Évolution de la production et des importations des œufs (millions).....	3
Tableau 4: Evolution de la consommation d'œufs en Algérie.....	4
Tableau 5: Apports recommandés en protéines totales, acides aminés et minéraux pour la poule (en% du régime).....	7
Tableau 6: Effet du niveau protéique sur les performances de la poule pondeuse.....	8
Tableau 7: Addition en oligo-minéraux et vitamines pour les poules pondeuses.....	9
Tableau 8 : Principaux additifs utilisées en alimentation animale.....	11
Tableau 9: Proportion des différentes parties de l'œuf de poule.....	23
Tableau 10: Composition moyenne d'un œuf de poule en % de poids.....	24
Tableau 11: Composition des parties comestibles d'un œuf de poule de 60g (coquille exclue).....	24
Tableau 12: Composition centésimale du jaune d'œuf de poule (en % de la matière sèche).....	25
Tableau 13: Effet de la teneur en énergie du régime sur la qualité de l'œuf chez la poule.....	28
Tableau 14 : Les différentes catégories des œufs de poule.....	29
Tableau 15: Classification des œufs selon les valeurs des l'Unité Haugh...	30
Tableau 16 : Identification des élevages visités.....	33
Tableau 17: Formule alimentaire de l'expérimental 1.....	35
Tableau 18: Formule alimentaire de l'expérimental 2.....	36
Tableau 19: Les conditions d'ambiance des deux Bâtiments	37
Tableau 20: Poids moyen (en g) des poules pondeuses	43

Tableau 21: Taux de ponte des deux expérimentaux.....	44
Tableau 22: Résultats d'analyses chimiques des deux aliments.....	44
Tableau 23: Poids total des œufs	46
Tableau 24: La masse d'œuf	46
Tableau 25: Le poids des différents composants de l'œuf (g).....	47
Tableau 26: Le rapport entre les différents composants de l'œuf	47
Tableau 27: Présentation de la longueur, la largeur et le rapport longueur / largeur dans les deux expérimentations	48
Tableau 28: La hauteur de l'albumen, la hauteur et le diamètre de vitellus, l'unité Haugh et l'index vitellus.....	50
Tableau 29: La MS des principaux composants de l'œuf.....	50
Tableau 30: Résultats d'analyses chimiques des œufs.....	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les poules dans les cages.....	32
Figure 2 : l'extérieur du bâtiment	34
Figure 3 : l'intérieur du bâtiment	34
Figure 4: Les chariots.....	36
Figure 5 : Les distributeurs d'eau.....	37
Figure 6 : Pesée des animaux.....	38
Figure 7: collecte des œufs	39
Figure 8 : Pesé de l'albumen.....	40
Figure 9 : Pesé de vitellus.....	40
Figure 10 : Pesé de la coquille.....	40
Figure 11: Etuvage des composants des œufs	41
Figure 12: L'albumen après étuvage et après broyage.....	41
Figure 13: Le vitellus après étuvage et après broyage.....	41

RESUME

Titre : Etude comparative entre un aliment poule pondeuse adjuvé en enzyme ou industriel sur les performances de ponte et la qualité de l'œuf.

Les poules pondeuses ont besoin, pour la production d'œufs et leur entretien, d'un apport en phosphore.

La majeure partie du phosphore dans l'aliment étant présent sous forme phytique, non hydrolysable dans l'intestin.

L'addition de phytase microbienne dans la ration alimentaire apparaît d'une part comme une solution pour améliorer la disponibilité du phosphore phytique et d'autre part elle présente un avantage économique et zootechnique.

Pour évaluer les effets bénéfiques de la phytase, une étude a été menée sur des poules pondeuses de souche ISA Brown pendant la période de ponte soit à 26 semaines d'âge, distribuées chez deux éleveurs différents mais offrant des conditions semblables d'élevage. L'expérimental 1 compte 9000 poules recevant une formule sans phytase et l'expérimental 2 compte 7200 poules qui reçoivent un aliment adjuvé en enzyme, la phytase à une dose de 1 kg/1000 kg d'aliment.

Malgré une teneur énergétique plus élevée dans l'aliment sans enzymes, cette expérience a donné des résultats remarquables en ce qui concerne :

- le taux de ponte qui est élevé pour l'expérimental 2 (91 pourcent) par rapport à l'expérimental 1 (80 pourcent)
- la masse d'œuf produite dans l'expérimental 2 (45,19 g) est supérieure à celle de l'expérimental 1 (39,11g).

Cependant la phytase n'a pas eu d'effet sur la qualité physico-chimique de l'œuf.

Mots clés : Poules pondeuses, phytase, phosphore, œufs, performances de ponte.

SAMMARY

Title: Comparative study between a laying hen feed adjuvanted in enzyme or industrial on the performance of spawning and egg quality.

Laying hens need for egg production and maintenance, a phosphorus intake.

Most of the phosphorus in the feed is present as phytic no hydrolyzable in the intestine.

The addition of microbial phytase in the diet appears firstly as a solution to improve the availability of phytic phosphorus and secondly, it has an economic advantage and livestock.

To assess the beneficial effects of phytase, a study focused on laying hens ISA Brown strain during the laying period is 26 weeks of age, distributed in two different breeders but offering similar farming conditions. The expérimantal1 account 9000 hens receiving a formula without phytase and l'expérimantal2 account 7200 hens which receive a food with enzyme, phytase at a dose of 1 kg / 1000 kg of feed.

Despite a higher energy content in the diet without enzymes, this experiment gave remarkable results as regards:

- The laying rate which is high for the Experimental 2 (91 percent) compared to the experimental 1 (80 percent).
- The egg mass produced in Experimental 2 (45.19 g) is greater than that of Experimental 1 (39.11g).

However phytase had no effect on the physical and chemical quality of the egg.

Keywords: Laying hens, phytase, phosphorus, eggs, laying performances.

:

نوعيته
بين غذاء الدجاج البياض يحتوي على أنزيم
و تأثيرهما على وضع البيض و

الدجاج البياض ي
البيض و لاحتياجات

غذية يوجد على شكل فيتيك غير

إضافة فيتاز الميكروبي في النظام الغذائي يظهر أولا كحل لتحسين توافر الفوسفور الفيتيك، وثانيا له

لتقييم المفيدة للفيتاز أجريت دراسة على الدجاج البياض من سلالة ISA Brown

البيض و التي عمرها 26 عند مربيين مختلفين مع توفر نفس ظروف التربية.

1 9000 دجاجة باستخدام صيغة غذائية دون فيتاز و التجربة 2

7200 باستخدام صيغة غذائية بالأنزيم. الفيتاز يستخدم بتركيز 1 /1000

الأنزيمات

هذه التجربة نتائج ملحوظة فيما يخص :

- معدل التبييض حيث انه مرتفع في التجربة 2 (91) (80) 1

- كتلة البيض المنتجة في التجربة 2 (45,19) هي اكثر من ذلك في التجربة 1 (39.11)

و مع ذلك لم يكن للفيتاز أي تاثير على النوعية الفيزيائية و الكيميائية للبيضة

: الدجاج البياض، فيتاز، بيض البيض

INTRODUCTION

L'alimentation humaine en Algérie est caractérisée par un déficit en matières protéiques d'origine animale 33gr/hab/j (**Kaci, Boukella., 2007**). Cette valeur est similaire à celle de la majorité des pays en voie de développement.

Dans le but de réduire ce déficit par un apport plus consistant en protéines animales à moindre coût, l'état Algérien a opté pour l'aviculture industrielle qui a enregistré une croissance rapide durant la période (1980-1990).

L'une des spéculations de l'aviculture est l'élevage de la poule pondeuse d'œuf de consommation. L'œuf est à poids égal, le plus nutritif des aliments. Il a une haute valeur biologique et nutritionnelle due à sa richesse intrinsèque et de l'équilibre entre ses constituants.

Les poules pondeuses ont besoin d'un apport en phosphore le plus important, aussi bien pour leurs besoins d'entretien que pour leurs besoins de production.

La majeure partie du phosphore végétal est présente sous forme de phytate et n'est pas utilisable par les animaux monogastriques. En effet, ces derniers ne possèdent pas de phytase, l'enzyme responsable de l'hydrolyse du phytate en inositol phosphate facilement assimilable.

L'addition de phytase dans la ration alimentaire apparaît donc comme une solution pour améliorer la disponibilité du phosphore phytique et réduire l'apport de phosphore minéral. (**Van Der Klis et al., 1997 ; Panda et al., 2005**)

En Algérie l'utilisation des enzymes est à son début. Dans ce sens, nous avons exploré deux élevages de poules pondeuses à une phase spécifique de ponte. Pour éliminer le maximum de facteurs influençant le niveau de production, les deux élevages situés sur deux sites différents mais proches sont approvisionnés d'un même élevage de poules. L'aliment est industriel, pour l'un sans enzymes pour l'autre adjuvé en phytase.

L'objectif est de comparer et voir les effets de la phytase sur les performances de ponte ainsi que sur la qualité de l'œuf.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: L'aviculture en Algérie

De toutes les productions animales en Algérie, l'aviculture est la spéculation la plus intensive, qu'elle soit pour la production de l'œuf de consommation ou pour la production de viande.

Totalement "artificialisée" depuis les années 80, elle est pratiquée de manière industrielle dans toutes les régions du pays, même dans le Sud, avec cependant une plus grande concentration autour des grandes villes du Nord **(INRAA, 2003)**.

I.1. Structure des élevages avicoles en Algérie

La structure actuelle des filières avicoles Algériennes résulte des politiques mises en œuvre par l'Etat, au début des années 80, dans une perspective d'autosuffisance alimentaire. Ces filières ont connues des transformations importantes consécutivement aux réformes économiques et au processus de libération enclenchés depuis le début des années 90 **(Ferrah, 2005)**.

La production avicole en Algérie est l'initiative d'éleveurs privés et d'entreprise publiques. La production de ces dernières reste insignifiante par rapport à celle des exploitations privées qui représentent, respectivement 92% et 95% des capacités de production nationale en viandes blanches et en œufs de consommation. **(OFAL, 2000)**

Depuis 1980, date de mise en œuvre des politiques avicoles, aucune évolution significative n'est apparue dans la structure des élevages privés. La taille moyenne des ateliers est de 5000 sujets pour les élevages de poules pondeuses **(OFAL, 2000)** comme le montre le Tableau 1.

Tableau 1: Structure des élevages avicoles en Algérie et leur production (2000)

	Élevage de poule pondeuse		
	EPE	Élevage Privé	total
Capacité instantanée (sujet)	1210764	14373374	15585138
Nombre d'élevage	09	3713	3722
Taille moyenne des élevages (sujet)	135000	4000	-
Production potentielle/an (MD)	0,26	3,10	3,36
Structure (%)	7,70	92, 3	100

OFAL, 2000

Le tableau 2 présente l'évolution des productions avicoles pour les années (2000– 2005). On assiste à une régression de production en viande blanche, alors que la production en œufs de consommation a progressé au cours de ces années.

Tableau 2: Evolution des productions avicoles en Algérie

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Viandes blanches (tonnes)	198.800	201.000	150.660	152.473	170.000	168.573
Œufs de consommation (10*3 unités)	2.020.000	2.160.000	3.220.909	3.350.844	3.320.000	3.528.014

MADR, 2006

I.2. Production des œufs de consommation

Depuis 1982, l'Algérie n'a plus recours aux importations des œufs. La production des œufs s'est accrue en moyenne de 8% par an, entre 1996 et 2004 (tableau 3). Cette croissance a été stimulée par :

- La réalisation en amont d'investissements dans l'aviculture par le secteur public.
- L'organisation des approvisionnements en intrants (aliments du bétail et facteurs de production, produits vétérinaires et équipements).
- La forte demande en œufs de consommation suite au renchérissement du prix de la viande rouge et blanche (INRAA, 2003).

Tableau 3: Évolution de la production et des importations des œufs (millions)

Périodes	1968	1973	1977	1982	1984-1989	1990-1995	1996-1999	2000-2004	2005
Production	187	215	268	572	2214	2143	1825	2805	3528
Importation	12,5	14	312	80	-	-	-	-	

(OFAL, 2000) et du MADR (DRDPA), 2007

Le tableau 4 montre l'évolution de la consommation d'œufs en Algérie (2000-2006). Les investissements consentis dans ce domaine, ont permis d'obtenir en 2006, un niveau de consommation de 117 œufs par habitant et par an (**Kaci, 2007**).

Tableau 4: Evolution de la consommation d'œufs en Algérie

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2006
Nombre d'œufs consommés/hab/an	84	72	66	ND	105	117

Kaci, 2007

ND : non disponible

Chapitre II: Alimentation et besoins des poules pondeuses

II.1. Alimentation des poules pondeuses

L'alimentation constitue le facteur essentiel de la réussite de l'élevage de pondeuse. Ainsi, il est indispensable d'appliquer un programme de rationnement et un plan d'alimentation rationnel (**Anonyme, 2009**).

L'entrée en ponte ou maturité sexuelle, correspond pour la poulette à un nouveau stade physiologique qui devrait s'accompagner d'un changement de la composition du régime alimentaire. Ainsi l'aliment passe de la formule croissance à la formule ponte.

Donc cet aliment destiné à la poule pondeuse doit apporter tous les nutriments en quantité suffisante pour satisfaire à la fois, ses besoins d'entretien et les besoins de production d'œufs et de croissance. A l'entrée en ponte l'organisme continue son développement pendant plusieurs semaines (**Anonyme, 2009**).

L'alimentation des pondeuses quel que soit leur type, présente beaucoup de similitudes et des particularités nutritionnelles aux différents stades de leur vie.

II.1.1. Alimentation des poules en ponte

L'aliment destiné à la période de ponte est substitué progressivement à l'aliment "poulette" dès l'apparition des premiers œufs pondus dans le troupeau (soit 2 semaines avant que le troupeau ne ponde à 50 %). Il doit être distribué à volonté pendant les premiers mois de ponte à partir du moment où l'intensité de ponte a dépassé 25 % (**Anonyme, 2009**).

- **Rationnement des poules pendant la ponte**

Si le rationnement pendant la période de croissance n'affecte que très difficilement les performances ultérieures de ponte, il en va autrement du rationnement imposé en cours de ponte.

La marge qui sépare l'économie de la déficience est étroite, et toute privation de nourriture, même minime, conduit à une diminution du nombre d'œufs, tandis que l'effet sur le poids moyen de l'œuf apparaît moins nettement. Certains croisements commerciaux de pondeuses ayant cependant tendance à surconsommer, une limitation, voire un rationnement alimentaire, conduit avec prudence peut néanmoins être bénéfique: il assure une économie d'aliment et parfois, une meilleure persistance de la ponte.

Il n'apparaît pas utile de rechercher une technique de rationnement pour les Leghorn. A l'opposé, les pondeuses à œufs roux peuvent être rationnées avec modération à partir du 4^{ème} mois de ponte (95 % de la consommation à volonté). Ceci peut être réalisé par distribution d'une quantité définie d'aliment ou en limitant le temps d'accès aux mangeoires (4 heures / jour environ). Ce temps dépend du croisement utilisé et de la forme de présentation de l'aliment (farine ou miettes).

Il doit être ajusté en fonction de la consommation souhaitée. Dans tous les cas, une distribution de nourriture l'après-midi est indispensable, en particulier pour la qualité des coquilles.

L'application de programmes lumineux fractionnés (plusieurs cycles "nuit jour" par 24 h) judicieusement choisis, permet une économie appréciable d'aliment, souvent associée à d'autres effets (diminution légère de l'intensité de ponte compensée par un accroissement du poids de l'œuf et une augmentation de la solidité des coquilles) (**Anonyme, 2009**).

II.2.Besoins des poules pondeuses et performances

II .2.1. Besoins énergétiques

Le besoin énergétique des poules dépend surtout de leur poids vif (entretien), mais aussi de son augmentation, de leur emplument et de l'intensité de leur ponte (**ISA, 2005**).

La satisfaction du besoin énergétique détermine l'importance de la consommation d'une façon quasi absolue chez les pondeuses à œufs blancs. D'une façon relative chez les autres qui tendent à consommer d'autant plus de calories que la concentration énergétique du régime est forte et que leur poids vif est élevé. Pour les sujets de type Leghorn (œufs blancs), il est préférable d'utiliser des régimes à concentration énergétique modérée (2500 à 2800 kcal E.M. /kg).

L'énergie consommée est influencée par le pourcentage d'huile végétale utilisée, la densité de l'aliment et par la présentation de l'aliment. Aussi une mauvaise granulométrie de l'aliment peut être compensée par un pourcentage plus élevé d'huile afin de colmater les fines particules (**ISA, 2005**).

Le besoin énergétique correspondant à la production d'œuf évolue avec l'intensité de ponte, la taille de l'œuf et de sa composition.

II .3.2. Besoins en protéines et en acides aminés

Selon **Philippe;1989**, le besoin protéique est peu lié au poids vif des animaux, il dépend beaucoup plus de la production d'œufs (nombre et poids)

Le maintien du poids vif des pondeuses, n'exige en effet que de 2 à 4 g de protéine par jour, alors que la formation de l'œuf en nécessite 10 à 12g.

Tableau 5: Apports recommandés en protéines totales, acides aminés et minéraux pour la poule (en% du régime)

caractéristiques d'aliment	Pondeuse d'œufs de consommations et reproductrices naines		Reproductrices lourdes		Pondeuse d'œufs de consommation
	2600	2800	2600	2800	2800
Concentration Énergétique (E.M. /kg)	2600	2800	2600	2800	2800
Protéines brutes	14.0	15.0	12.0	13.0	18.5
Lysine	0.63	0.68	0.51	0.55	0.93
Méthionine	0.28	0.30	0.24	0.26	0.41
Minéraux					
Calcium	3.4 (2)	3.6 (2)	2.8	3.0	4.0
Phosphore total	0.56	0.58	0.53	0.56	0.65
Phosphore disponible	0.31	0.033	0.28	0.31	0.40
Sodium	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
Chlore	0.13	0.14	0.10	0.12	0.15
Acide linoléique	0.8	0.9	0.6	0.7	1.0
Xanthophylles (ppm)	23	25	-	-	30
Consommation journalière attendue (g) à 18 C°	127	120	170	160	-

I.N.R.A.1984

(1)- dans le cas de leghorn en température ambiante supérieure à 25 C°, il y aura lieu d'adopter une formule intermédiaire entre celles destinées aux pondeuses d'œufs de consommation et reproductrices naines et celles de pondeuses d'œufs de consommation en climat chaud (dernière colonne).

(2)- dans le cas de reproductrices naines, maintenues sur litière, il est conseillé de ne pas utiliser plus de 3,2 % de calcium.

Pendant la ponte le besoin en protéines ne doit pas être dissocié du besoin en acides aminés indispensables, en particulier en acides aminés soufrés et en lysine (**Larbier et Leclercq.,1992**) (tableau 6).

Tableau 6: Effet du niveau protéique sur les performances de la poule pondeuse

	Niveau protéique		
	14%	16%	17%
Consommation (g/p/j)			
Aliment	93.5	96.00	97.7
Protéine	13.60	15.40	17.00
Taux de ponte (%)	74.40	76.30	77.60
Poids moyen de l'œuf (g)	58.80	58.60	59.00
Indice de consommation	2.16	2.18	2.16

Uzu, 1989

II .3.3. Besoin en minéraux et vitamines

Le besoin en phosphore de la poule pondeuse est faible. Une supplémentation assez large cependant est prévue pour tenir compte notamment des défauts d'homogénéisation des régimes. La présence d'une forte quantité de calcium (3,4 %) est, dans tous les cas, indispensable pour obtenir des coquilles solides (**ISA, 2005**).

En fin de ponte, lors de fortes chaleurs et dans les autres circonstances où la solidité de la coquille décroît, on pourra substituer à 50 ou 60 % du carbonate de calcium pulvérulent de l'aliment, une forme de calcium particulière (coquille d'huîtres, coquillages, granulés de carbonate) permettant à la poule de consommer du calcium indépendamment des autres nutriments.

L'apport de chlore total doit être limité à 0,14 % du régime, équivalent à 0,23 % de chlorure de sodium. Le sodium manquant après cet apport peut être apporté sous forme de bicarbonate, de carbonate ou de sulfate à condition que ce dernier ne dépasse pas 0,25 % du régime (**ISA, 2005**). (Tableau 7)

Tableau 7: Addition en oligo-minéraux et vitamines pour les poules pondeuses d'œuf de consommation

Oligo minéraux	Unité (ppm)
Fer	40
Cuivre	2
Zinc	40
Manganèse	60
Cobalt	0,2
Sélénium	0,15
Iode	0,8
Vitamines (UI/kg et ppm) pour tous climats Production de l'œuf de consommation	
Vitamine A (U.I.)	8000
Vitamine D3 (U.I.)	1000
Vitamine E (PPM)	5
Vitamine K3 (PPM)	2
Riboflavine (PPM)	4
Panthoténate de Ca (PPM)	4
Pyridoxine (PPM)	0
Biotine (PPM)	0
Acide folique (PPM)	0
Vitamine B12 (PPM)	0,004
Chlorure de choline (PPM)	250

I.N.R.A. 1984

Les apports nutritifs chez la poule se retrouvent en grande partie au niveau de l'œuf.

La composition chimique d'un aliment poule pondeuse (**Brou et al., 2012**) : en matière sèche est de 91,80%, en matière minérale 3,30%, en matière azotée totale 17,10%, en matière grasse 4,20%, en cellulose brute 4,27%. Selon le même auteur, sa teneur en énergie métabolisable est de 2655 Kcal/kg.

Chapitre III : Utilisation des additifs et des enzymes en alimentation avicole

III.1. Les additifs

Le développement de l'utilisation des additifs est étroitement lié à l'industrialisation des productions animales. Ces dernières sont caractérisées :

- d'une part par une spécialisation de plus en plus poussée des ateliers de production et l'apparition de pathologie du groupe liée à la concentration des animaux,
- d'autre part par des contraintes économiques de plus en plus sévères imposant la recherche de performances zootechniques plus élevées.

En outre, le développement de l'industrie des aliments composés a facilité considérablement la distribution de ces additifs avec une sécurité suffisante (**Guide UE, 2007**).

III.1.1. Définitions

Les additifs alimentaires sont des substances, de micro-organismes ou des préparations, autres que les matières premières et les pré-mélanges en alimentation animale. Ils sont intentionnellement ajoutés aux aliments ou à l'eau en vue de réaliser des performances. Ils sont en particulier susceptibles d'améliorer l'efficacité des rations, d'abaisser les coûts de production et d'influencer les caractéristiques des produits animaux (**Gadoud, 2004**).

Ils sont aussi adjuvés aux denrées alimentaires commerciales dans le dessein d'améliorer leur conditionnement, leur fabrication, leurs propriétés de conservation, leur arôme, leur couleur, leur texture, leur apparence ou de rendre leur consommation plus pratique.

III.1.2. Intérêts généraux des additifs

Les additifs aux aliments permettent de mieux produire en fonction des conditions diverses d'élevage. Ils permettent de présenter au consommateur un produit offrant les garanties nécessaires sur le plan de l'innocuité, de l'hygiène, de la nutrition et du goût.

Les additifs en alimentation animale :

- ont un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux et des produits d'origine animale.
- répondent aux besoins nutritionnels des animaux.
- ont une influence favorable sur les conséquences environnementales de la production animale (**Synpa, 2011**).

- avoir un effet positif sur la production, le bien-être des animaux, notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux (**Guide UE, 2007**).

Les additifs alimentaires doivent être rentables et procurent des avantages comme améliorer la santé ou la rapidité de croissance de l'animal, ou l'efficacité des aliments qu'il consomme (**Murphy, 2003**).

III.1.3. Classification des additifs et modes d'action

Les additifs utilisés en alimentation animale peuvent être classés en deux catégories principales (Tableau 8)

Tableau 8: Principaux additifs utilisés en alimentation animale

Additifs technologiques	
Colorants	Colorants sensu stricto et pigments caroténoïde
Conservateurs	antibactériens, antifongiques Antioxygènes
Substances aromatiques et apéritives	Substances naturelles et analogues synthétiques
Modificateurs des propriétés physiques des aliments	Emulsifiant Stabilisants Antimottants Gélifiants Epaississants
Modificateurs de la digestibilité	Enzymes
Additifs zootechniques	
Nutriments	Acides aminés, vitamines, oligoéléments
Facteurs de croissance	Antibiotiques, probiotiques, prébiotiques
Facteurs de prévention des maladies parasitaires	Anticoccidien

Jean-Blain, 2002

III.1.3.1. ADDITIFS ZOOTECHNIQUES

III.1.3.1.1.Nutriments

a) Acides aminés

- **Lysine** : Acide aminé essentiel à la synthèse des protéines, peut également être ajouté sous forme synthétique.
- **Méthionine/méthionine protégée** : Acide aminé renfermant du soufre; il est essentiel à la synthèse des protéines. Le qualificatif «protégée » signifie qu'elle résiste à la digestion dans le rumen. Les farines animales sont bien équilibrées en acides aminés essentiels (lysine et méthionine) mais leur utilisation est interdite depuis la crise de la vache folle (**Dormont, 2000**).

b) Vitamines

Les sources de vitamines sont naturelles ou artificielles :

- Ce sont parfois des aliments simples particulièrement riches en vitamines : huiles de foie de poissons, de tourteau de soja, de céréales...etc.
- Ce sont le plus souvent des vitamines de synthèse : généralement issus de dérivés de pétrole.

Elles sont présentées :

- Sous forme de poudres dans lesquelles les vitamines A, D, E et C sont le plus souvent protégées par divers procédés, comme l'enrobage.
- Sous forme d'hydrosols pour l'adjonction à l'eau de boissons.
- Sous forme de complexes vitaminiques, en poudre ou en hydrosols, associant plusieurs vitamines.

Les présentations pour l'élevage varient aussi :

- Des composés minéraux vitaminés (C.M.V) : appelés dans la nouvelle législation « aliments minéraux ».
- Des pré-mélanges : plus ou moins concentrés, destinés exclusivement aux fabricants d'aliments composés et aux éleveurs fabriquant eux-mêmes leurs aliments.

c) Oligoéléments

Deux oligo-éléments, le cuivre et le zinc, ont des effets reconnus sur les performances de croissance des animaux.

➤ Le cuivre

Le cuivre est généralement ajouté à l'alimentation du porcelet en pouponnière sous forme de sulfate de cuivre. Il est ajouté aux aliments pour atteindre des concentrations entre 150 et 250 ppm, soit bien au-delà des besoins nutritionnels requis pour la croissance. Ces concentrations élevées auraient des effets bénéfiques sur la santé du système digestif favorisant ainsi les performances de croissance (**Jacela et al., 2010**). Le cuivre dans les aliments pourrait avoir des fonctions antibactériennes.

➤ Le zinc

Le zinc est un composant structurel de plusieurs enzymes et sa disponibilité semble requise pour leur activation. Il est également impliqué dans la régulation du métabolisme des acides aminés et des protéines. De plus, il contribue à la stabilisation de la muqueuse intestinale, à l'inhibition de la croissance de certaines bactéries pathogènes et finalement, à l'amélioration de la réponse immunitaire contre les infections (**Vondruskova et al., 2010**). Il favorise de meilleures performances de croissance, comme il stabilise la microflore intestinale.

L'apport alimentaire d'oligo-éléments peut être réalisé de plusieurs manières :

- Sous forme de sels solubles entrant dans la composition des aliments minéraux en poudre ou en granulés, ou de pierres à lécher.
- Sous forme de sels solubles en solutions : plus rapidement assimilables que dans les mélanges en poudre. Elles apportent aussi plus ou moins le phosphore, le calcium et le magnésium, mais c'est un procédé coûteux.
- Sous forme d'algues : Des poudres d'algues brunes séchées à basse température et broyées, riches également en vitamines hydro et liposolubles, et en substances de croissance (**Soltner, 1999**).

III.1.3.1.2. Facteurs de croissance

a. Antibiotiques

Les antibiotiques sont utilisés en continu sous forme d'additif alimentaire. Ils sont incorporés à la ration alimentaire en très faibles quantités : en moyenne entre 5 et 50 ppm. A cette concentration, les antibiotiques sont considérés comme n'ayant aucun effet sur les pathologies infectieuses.

L'efficacité des antibiotiques facteurs de croissance dépend de nombreux facteurs et notamment de l'espèce animale, de la nature et de la dose des substances employées, de l'âge et de l'état des animaux (**Blain, 2002**).

b. Probiotiques

Parmi les additifs alimentaires susceptibles de remplacer l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance pour l'amélioration des performances ou en prophylaxie pour la prévention des maladies, les probiotiques suscitent beaucoup d'intérêt.

Les probiotiques ont été commercialisés et utilisés dans les fermes à partir des années 1960. Leur utilisation a été encouragée par le Comité Swann en 1969 qui recommandait de restreindre l'usage des antibiotiques en alimentation animale à la seule fin thérapeutique (leur utilisation « facteurs de croissance » étant associée à l'augmentation des résistances bactérienne) **(Callaway et al 2004; Samli et al 2007; Trufanov et al 2008 ; Bernardeau et al 2009;)** ; par la nécessité de faire face aux conséquences d'une production animale toujours plus intense et stressante pour les animaux (économie d'échelle, augmentation de la taille des élevages, concentration des animaux, sevrage précoce, ...) **(Mountzouris et al 2007; Yun et al 2009)**

Entre les années 1970 et 1990, les micro-organismes probiotiques revendiquaient des propriétés zootechniques, amélioration du gain de poids, du coefficient de digestibilité, et également des effets sanitaires (diminution des diarrhées, de la morbidité, ...). Mais cette période est aussi marquée par l'absence de cadre réglementaire contribuant à réduire la confiance des utilisateurs et dès le début des années 1990, on observe un déclin de l'utilisation des probiotiques sur le marché européen. Cette première vague d'utilisation des probiotiques en alimentation animale jusqu'en 1993 a été définie par **Bernardeau et Vernoux(2009)** comme «la première génération de probiotiques », caractérisée par une efficacité supposée et un cadre réglementaire peu adapté.

L'absence d'efficacité **(Simon et al., 2001)**, de compréhension du mécanisme d'action et le manque de données scientifiques ont amené les professionnels de la production animale (vétérinaires, nutritionnistes, éleveurs) à considérer le concept probiotique avec grand scepticisme **(Bernardeau et Vernoux, 2009)**.

Les microorganismes les plus fréquemment utilisés dans les préparations de probiotiques en alimentation animale sont principalement des souches bactériennes appartenant à différents genres, par exemple *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* et *Bacillus*.

D'autres probiotiques sont des champignons microscopiques incluant des levures du genre *Saccharomyces*. Certains microorganismes probiotiques

font partie du tube digestif de l'hôte normal, alors que d'autres ne le sont pas (**Guillot, 2001**).

Selon **Yoruk et al., 2004** le genre *Lb.* species utilisé chez les poules pondeuses, (fin de période), augmente la production d'œufs, diminue la mortalité, améliore le taux de conversion mais pas la qualité des œufs.

- **Les levures et leur utilisation comme probiotiques**

Depuis de nombreuses années, les levures sont également utilisées en additifs alimentaires chez les animaux pour améliorer les performances zootechniques et comme régulateur de la flore intestinale chez l'homme. Ils induisent des effets positifs en termes de performances de productions chez plusieurs espèces des ruminants et monogastriques, mais ne peuvent pas coloniser le tractus digestif.

Les levures utilisées comme probiotiques sont des souches de *Saccharomyces cerevisiae*. Une souche bien déterminée de cette levure est dénommée *Saccharomyces boulardii* (**Rolfe, 2000; Toma et al, 2005**).

- c. Prébiotiques**

Le vocable « prébiotique » a été proposé en 1995 pour désigner des composants annexes de l'alimentation, non digestibles par les enzymes du tractus digestif, susceptibles de stimuler la multiplication et l'activité de certaines souches bactériennes. Ils sont composants normaux de la microflore digestive, au bénéfice de l'hôte qui les héberge.

Les prébiotiques, ont été définis comme des suppléments alimentaires indigestibles, capables de stimuler la croissance et/ou l'activité d'un nombre limité de bactéries au niveau colique, modifiant l'équilibre microbien intestinal (le micro biote) de l'hôte, contribuant ainsi à la santé de l'hôte (**Butel, 2009**).

III.2. Utilisation des enzymes en alimentation avicole

L'usage des enzymes exogènes dans les aliments des animaux est recommandé dans les situations suivantes :

- pour détruire les facteurs antinutritionnels présents dans beaucoup d'aliments et qui ont des effets délétères sur le processus de la digestion et la santé des animaux.
- pour augmenter l'accessibilité des nutriments par les enzymes produites par l'animal. Dans les tissus végétaux, des nutriments sont emprisonnés dans des matrices fibreuses non digestibles par les enzymes sécrétées par l'animal ou forment des entités chimiques non digestibles par ces enzymes (le phosphore phytique).

- pour pallier chez l'animal l'absence d'enzymes capables d'hydrolyser des liaisons chimiques particulières (les liaisons du type) de manière à fournir davantage de nutriments à l'animal.
- pour aider les jeunes animaux à digérer les aliments ingérés car leur système digestif peut se révéler immature pour produire les enzymes en quantité suffisante , pour une digestion efficace (**Beckers et al.,2005**).

III.2.1. Les enzymes exogènes utilisées dans l'alimentation des volailles

Les matières premières d'origine végétale utilisées dans l'alimentation avicole renferment des composés hydrosolubles peu digestibles. Citons notamment la cellulose, l'hémicellulose, les pectines et les beta-glucanes qui sont classés dans le groupe des polysaccharides non-amylacés hydrosolubles (PNAH).

Chez la volaille, ces composés sont à l'origine de problèmes de viscosité intestinale qui se traduisent par une réduction de digestibilité et d'absorption des nutriments, et des problèmes immunitaires au niveau de l'intestin, liés à des désordres digestifs. Dans son intervention, **Larbier, 1992** a mis l'accent sur l'effet de l'addition des enzymes exogènes de type xylanase, beta-glucanase. L'expérience a montré qu'elles permettent la réduction de la viscosité (notamment dans le cas des préparations provoquant des activités enzymatiques secondaires), l'amélioration de la valeur énergétique, de la digestibilité des protéines et de la disponibilité des lipides.

De plus, l'addition de ces enzymes rend le milieu digestif plus favorable à produire les lactobacilles au détriment des colibacilles qui constituent la flore pathogène.

Les xylanase et beta-glucanase offrent l'opportunité, d'une part d'améliorer l'efficacité et la rentabilité des élevages, et d'autre part de favoriser l'utilisation de matières premières diverses (blé, triticale, seigle, orge, avoine, maïs) et de sous-produits issus de l'industrie agroalimentaire (tourteaux de tournesol et de soja, son de blé, farine de riz...), réduisant ainsi la forte dépendance au marché mondial (**Larbier, 1992**)

Du point de vue technologique, l'expert recommande aux fabricants d'aliments ayant recours à ces enzymes, de ne pas aller au-delà d'une température de 80°C lors de l'étape de granulation afin d'éviter leur dégradation.

III.2.1.1. Les carbohydrases

Dans nos régions, les céréales à paille constituent des aliments de choix pour l'alimentation des volailles. En effet, leur culture y est très répandue et ces céréales possèdent des qualités nutritionnelles indéniables liées à l'importance de leur contenu amylacé.

Toutefois les graines de ces céréales contiennent des quantités non négligeables de composés appartenant au groupe des hémicelluloses (arabinoxylanes, glucanes) et non digestibles par les enzymes endogènes des animaux. Ces molécules ingérées massivement, lors de l'emploi des céréales à paille, ont des effets délétères sur les performances animales et les conditions d'ambiance dans les ateliers de production, voire conduisent dans certains cas à des déclassements de carcasses à l'abattoir (théorie de la viscosité) **(Beckers et Théwis, 2005)**.

D'autre part, les hémicelluloses participent à la constitution des membranes des cellules végétales et s'opposent en conséquence à l'action des enzymes endogènes de l'animal sur les constituants intracellulaires. Elles pénalisent donc la digestion des autres constituants. Ces hémicelluloses sont en conséquence qualifiées de facteurs antinutritionnels chez la volaille **(Beckers et Théwis, 2005)**.

Pour remédier à ces défauts, il est usuel d'incorporer dans les régimes utilisant massivement les céréales viscosantes des enzymes exogènes capables d'inhiber ces facteurs antinutritionnels.

Les préparations enzymatiques ajoutées ont pour première fonction d'hydrolyser ces hémicelluloses en polysaccharides de plus petites tailles de manière à réduire fortement, voire annulé, les effets négatifs de ces molécules sur le fonctionnement du tube digestif des animaux. Classiquement, l'utilité de ces enzymes est démontrée lors d'essais expérimentaux comparant les performances de croissance des animaux alimentés avec un régime supplémenté ou non en enzymes **(Beckers, 2005)**.

Les effets bénéfiques des hémicellulases s'expriment de manière variable sur les performances de croissance : ingestion, gain quotidien moyen et indice de consommation. Les xylanases et les glucanases sont à présent largement utilisées avec des régimes contenant du blé, de l'orge, du seigle et du triticale chez les volailles afin de stabiliser, voire d'améliorer, la valeur énergétique et protéique du régime.

L'efficacité de ces enzymes est variable en fonction du régime alimentaire, de la nature de l'enzyme, de l'activité microbienne dans le tube digestif, de l'âge des animaux, des traitements subis par les aliments **(Cowieson et al., 2006)**.

Leur usage est particulièrement préconisé lorsque le maïs se voit substituer par une autre céréale dans le régime **(Garcia et al., 2008)** ou lorsque le tourteau de soja est substitué par une autre source de protéines **(Kiarie et al., 2007; Fang et al., 2009)**.

A côté d'une justification technico-économique de ces enzymes, leurs emplois permettent aussi de réduire de manière non négligeable l'incidence environnementale des productions animales (**Nielson et al., 2008**). Par exemple, les enzymes capables d'hydrolyser les hydrates de carbone de structure procurent le moyen d'utiliser davantage de co-produits industriels réputés peu digestibles chez la volaille.

III.2.1.2. Les protéases, amylases et lipases

La majorité des études relatives aux effets nutritionnels des protéases, amylases et lipases exogènes portent sur l'emploi de mélanges de plusieurs enzymes (le plus souvent une xylanase, une amylase et une protéase). Dans le cadre de l'emploi des protéases exogènes, les aliments ciblés sont classiquement les protéagineux, les oléo protéagineux et les coproduits de céréales riches en protéines (**Thorpe et Beal., 2001**). Il a été montré que certaines protéases fongiques et bactériennes pouvaient inactiver in vitro les facteurs antinutritionnels (les inhibiteurs de trypsine et la lécithine) des fèves crues de soja (**Thorpe et Beal., 2001 ; Hong et al., 2002**). De même, des protéases peuvent réduire les effets immunologiques de certaines protéines (**Hong et al., 2002**).

III.2.1.3. Le mélange d'enzymes

Des travaux récents s'intéressent à la combinaison de plusieurs activités enzymatiques. Le plus souvent les combinaisons portent sur une phytase associée à une enzyme ayant une action sur les hydrates de carbone non amylacés, voire une protéase et une amylase. De ces travaux, il ressort que les combinaisons de deux et plus activités enzymatiques peuvent donner des effets synergiques, additifs voire antagonistes sur les performances animales.

Parmi ces travaux qui montrent que l'emploi des combinaisons enzymatiques se révèle particulièrement intéressant pour maintenir les performances animales recevant des régimes sub-carencés en énergie, protéines, minéraux ; dans un essai alimentaire maïs - tourteau de soja (**Olukosi et al., 2007 ; Tahir et al., 2008 ; Francesch et Geraert, 2009**).

Un mélange contenant une xylanase, une amylase et une protéase pourrait agir favorablement via une amélioration de la solubilisation des protéines et de l'amidon dans le chyme gastrique. Il réduirait la sécrétion de pepsine et d'HCl, entraînerait une diminution de la sécrétion intestinale de mucine donc une diminution des pertes endogènes et une amélioration des digestibilités apparentes de certains acides aminés (**Cowieson et Ravindran, 2008**).

De même, l'emploi de ce mélange permet de limiter l'activité de la microflore intestinale et de réduire les pertes endogènes d'azote (**Hong et al., 2002**).

III.2.1.4. Enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés

Les enzymes hydrolysant les polysaccharides non amylacés (PNA), principaux composants de la fibre, sont nombreuses, chacune d'entre elles hydrolysant un type de PNA particulier. On retrouve dans cette catégorie de produits les enzymes suivantes : xylanase, glucanase, pectinase, mannanase, etc. Ces enzymes hydrolysent les PNA, composants des parois cellulaires de l'endosperme des céréales, libérant ainsi l'amidon et la protéine qui y sont encapsulés. La digestibilité de l'énergie et de la protéine est ainsi améliorée (**Slominski, 2011**).

Effets métaboliques et biologiques :

- Réduit la viscosité du digestat améliorant ainsi la digestibilité des nutriments tels que l'énergie, les protéines et l'amidon.
- La supplémentation des aliments à base de blé avec de la xylanase réduirait les populations de *Clostridium perfringens* chez le poulet de chair (**Seal et al., 2013**).

III.2.1.5. Les phytases

La plupart des graines contiennent des quantités appréciables de phosphore. Cependant, la majorité de ce phosphore est peu assimilable par les volailles (de 12 à 50 %) car il se trouve sous la forme d'acide phytique ou phytate (60 à 80 % du phosphore), cette molécule constituant le principal réservoir en phosphore lors de la germination des graines : l'acide phytique contient 282 g de P/kg.

Pour satisfaire les besoins en phosphore des animaux, une complémentation avec une source minérale de phosphore est dès lors pratiquée. Les conséquences de cette pratique sont double. D'une part, la complémentation minérale a un impact sur le coût de l'alimentation et, d'autre part, les volailles rejettent des quantités importantes de phosphore via leurs déjections, ce qui pose un problème environnemental dans les régions à forte concentration d'élevages de monogastriques (**Poulsen et al., 1999**).

Les phytases sont des enzymes capables d'extraire le phosphore du phytate et elles sont présentes dans les végétaux ou synthétisés par les micro-organismes, voire certains tissus animaux.

- Les phytases végétales: celles du blé notamment est connue depuis longtemps (**Courtois, 1947**).

La présence et l'activité des phytases varient largement entre espèces végétales. L'activité phytasique est variable non seulement entre matières premières mais également intra matières premières (**Tran et Skiba., 2005**).

En effet, elles se révèlent très sensibles aux traitements thermiques appliqués lors de la fabrication des aliments (la granulation) et peu actives à des pH acides.

- Les phytases fongiques ou microbiennes sont produites par une grande variété d'organisme mais surtout par les microorganismes. Parmi les microorganismes producteurs de phytases on citera notamment les champignons (des genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* et *Rhizopus*), les bactéries (*Pseudomonas sp.*, *Klebsiella sp.*, *Escherichia coli*, *Enterobacter sp.*, *Bacillus subtilis*), et les levures (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis*, *Torulopsis candida*, *Debaryomyces castellii*, *Debaryomyces occidentalis*, *Kluyveromyces fragilis*) (**WO, 2007**).

Grâce aux progrès du génie génétique et la pression de certaines législations sur les rejets de phosphore dans l'environnement, les phytases commerciales, fongiques pour la majorité (*Aspergillus niger* et *Peniophora lycii*), se sont révélées très intéressantes dès le début des années 90 dans l'alimentation des volailles (**Selle et Ravindran., 2007**). A présent, elles sont incluses à raison de 500 Unités/kg au minimum dans la majorité des régimes dédiés aux volailles.

III.2.1.5.1. Influence des phytases

Les phytases ont un rôle important sur la digestion des protéines, des minéraux et de l'énergie métabolisable

- **Protéines et minéraux**

Les phytases fongiques agissent principalement au niveau du jabot de la volaille. Aux doses usuelles, l'ajout de phytases dans les régimes des poulets permet pratiquement de doubler la digestibilité apparente du phosphore et de diminuer son excrétion de plus de 30% (**Pointillart, 1994**). Cette pratique permet de diminuer de manière notable les concentrations en phosphore total des régimes des volailles (**Nyannor et al., 2009**), et par voie de conséquence de diminuer la demande en phosphore non organique, tout en assurant la couverture des besoins des animaux en cet élément.

L'ajout de phytases aux régimes s'accompagne dans certaines études d'un effet positif sur la digestibilité des acides aminés dans l'intestin grêle

chez les volailles, l'énergie métabolisable des régimes et sur la digestibilité du calcium alimentaire chez ces animaux (**Selle et Ravindran., 2007 et 2008**).

Les phytases sont responsables d'une augmentation des sécrétions endogènes d'acides aminés dans le tube digestif du poulet et s'opposent à cette perte (**Cowieson et al., 2004**). Le supplément d'énergie métabolisable chez la volaille (3 % en moyenne) consécutif à l'ajout de phytases serait induit par un supplément de digestibilité de l'ensemble des entités de la matière organique (protéine, lipides et amidon) (**Selle et Ravindran., 2007 et Selle et Ravindran., 2008**).

Enfin, il semble que les phytates et les phytases aient des effets manifestés sur la balance acide-base au niveau du tube digestif en modulant les excrétions de sodium chez les volailles: les phytates les augmentent alors que les phytases les diminuent (**Selle et Ravindran., 2007**).

Les phytases disponibles sur le terrain seraient capables d'extraire moins de 35 % chez la volaille du phosphore des phytates. La mise à disposition de phytates capables d'extraire d'avantage de phosphore laisse présager de réelles avancées dans le futur concernant l'alimentation en phosphore des volailles (**Selle et Ravindran., 2007**).

Zhou et al., 2008 en supplémentant un régime alimentaire carencé en phosphore disponible par phytase à des doses variables de 500 et 750 U/Kg d'aliment ont mis en évidence l'augmentation de la rétention de Ca, P, Zn. Les niveaux de Cu, Zn, Mg et Mn dans l'os du tibia à 28 jours d'âge, du Zn et du Mn à 42 jours d'âge chez les oiseaux nourris avec des régimes avec la phytase étaient plus élevés que ceux des oiseaux nourris avec des régimes témoins sans phytase.

- **Energie métabolisable**

Ravindran et al., 2000,2001 ont constaté que l'addition de phytase dans l'aliment améliore la valeur de l'énergie métabolisable apparente (AME). Au cours d'une expérimentation, ils ont montré que la supplémentation de phytase dans la ration a augmenté les valeurs AME de 13,36 à 13,54 MJ/Kg de matière sèche dans les régimes à faibles teneurs en phosphore non phytique et de 12,66 à 13,38 MJ/Kg de matière sèche dans les rations à teneurs adéquates de phosphore non phytique.

Cette amélioration est confirmée par (**Lan et al., 2002**). **Shirley et edward., 2003** ont observé une amélioration de l'énergie apparente de 3216 à 3415 kcal/kg d'aliment.

Ces enzymes permettront non seulement de limiter les rejets de phosphore dans l'environnement, mais aussi d'économiser les ressources minérales non renouvelables de phosphore (**Rodehuscord, 2008**).

D'autre part **Agnes et al., 2007**, **MELLEFF et al., 2010**, rapportent qu'il y a un effet de phytase sur le taux de ponte.

III.2.1.5.2. Intérêts de phytases

- **Intérêt économique**

Des nombreux essais réalisés montrent que l'addition des phytases dans l'alimentation des volailles, permet de réduire le taux d'incorporation du phosphore minéral, dont le prix a connu une envolée remarquable sur le marché.

Dans la plupart des aliments, les doses de phytase permettent d'économiser jusqu'à 4,4kg de phosphate monocalcique ou 6,4kg de phosphate dicalcique.

D'après **Jondreville et Dourmad., 2005**, l'augmentation de la teneur en phosphore digestible des matières premières varie d'un aliment à un autre.

Une valeur moyenne peut cependant être retenue autour de 0,4 g de phosphore digestible par 500 UI d'activité phytasique.

Chapitre IV: Structure, compositions et qualité de l'œuf

IV.1. Structure de l'œuf

Les principales parties de l'œuf sont, dans l'ordre de leur dépôt: le jaune ou vitellus, le blanc ou albumen, les membranes coquillières et la coquille. Pour un œuf de 60 g (**Sauveur, 1988**), les composants sont mentionnés au tableau 9.

Tableau 9: Proportion des différentes parties de l'œuf de poule

	Poids moyennes (g)	En % de l'œuf total	
		moyenne	Extrêmes
Coquille	5,5-5,75	9,1-9,5	8,5-10,5
Membranes coquillières	0,25	0,4	
Blanc	37	61,5	57-65
Jaune	17,3	29	25-33
Sous-total parties comestibles	54	90,5	89-92
total	60	100	

Sauveur, 1988

IV.1.1. Structure interne de l'œuf

Le jaune est contenu à l'intérieur d'une très fine membrane acellulaire transparente appelée membrane vitelline. Elle est composée en réalité de 4 couches superposées dans deux d'origine ovarienne (zona radiata et couche périvitelline) et deux ajoutées après l'ovulation.

A la surface du jaune est visible un petit disque clair (blastodisque), lieu de division des cellules embryonnaires lorsque l'œuf est fécondé. Le reste de la surface du jaune présente normalement une couleur jaune-orange uniforme sans tache visible (**Anonyme, 2003**)

Le blanc de l'œuf n'est pas un milieu homogène mais résulte de la juxtaposition de quatre zones distinctes physiquement (**Anonyme, 2003**) : le blanc liquide externe, le blanc épais, le blanc liquide interne, et les chalazes.

IV.1.2. Structure de la coquille

L'épaisseur totale de la coquille d'œuf de poule est comprise entre 300 et 400 μm . Elle est composée d'une trame protéique dans laquelle se développent les cristaux de carbonate de calcium (**Anonyme, 2003**)

IV.2. Composition moyenne de l'œuf de poule

Le vitellus est de loin plus riche en protéines que l'albumen, de même il constitue la réserve lipidique de l'œuf. L'albumen est dépourvu de lipides. Ces

composants sont moyennement riches en minéraux. La réserve minérale est située au niveau de la trame coquillère (tableau 10).

Tableau 10: Composition moyenne d'un œuf de poule en % de poids

	Coquille	Albumen	Vitellus
Eau	1	88.5	47.5
Protéines	4	10.5	17.4
Lipides	/	/	33.0
Glucides	/	0.5	0.2
Minéraux	95	0,5	1.1
Autres	/	/	0.8

Sauveur, 1988

IV.2.1. Composition de la coquille

La coquille renferme 1,6% d'eau et 3,3% de protéines constituant sa trame. La partie minérale (95,1%) est essentiellement composée de carbonate de calcium (93,6 % de l'ensemble) sous forme de calcite ; les autres sels présents sont du carbonate de magnésium et du phosphate tricalcique (0,8% environ chacun).

Globalement, le calcium représente 37,3% du poids total de la coquille (2,3 g pour une coquille de 6 g), la fraction carbonate est de 58%, le magnésium et le phosphore 0,35% chacun. Le seul oligo-élément présent en quantité notable est le manganèse (7 ppm) (Sauveur ,1988).

IV.2.2. Composition de la partie comestible de l'œuf

Les parties comestibles de l'œuf (coquille exclue) renferment environ 3/4 d'eau et 1/4 de matière sèche, cette dernière répartie à peu près pour moitié entre protéines et lipides. Les valeurs usuelles de composition des parties comestibles sont indiquées dans le tableau 11.

Tableau 11: Composition des parties comestibles d'un œuf de poule de 60g (coquille exclue)

	En g par œuf			En g pour 100g de chaque partie		
	Entier	Blanc	Jaune	Entier	Blanc	Jaune
Total	53,5-55	35-37	17-18,5	100	100	100
Eau	39,5-41,5	30-33	8,0-9,2	74,0-75,5	87,0-89,0	46,5-49,0
Matière sèche	13-14,3	3,8-4,5	8,7-10,0	24,5-26,0	11,0-13,0	51,0-53,5
Protéines	6,4-7,0	3,3-4,0	2,7-3,2	12,0-12,8	9,5-11,5	16-17
Lipides	6,1-6,9	-	6,0-6,8	11,8-12,3	-	33-34
Saturés	2,3-2,5	-	2,1-2,4	4,3-4,5	-	11,2-11,7
Insaturés	3,5-4,0	-	3,3-3,8	6,7-7,0	-	18,2-19,0
Cholestérol	0,24-0,27	-	0,24-0,27	0,47-0,50	-	1,31-1,38
Glucides	0,15-0,20	0,12-0,16	0,03-0,05	0,3-0,4	0,4-0,5	0,15-0,25
Cendres	0,45-0,55	0,16-0,24	0,2-0,3	0,8-1,0	0,5-0,7	1,1-1,6
Calories	88-95	14-18	74-80	160-180	40-55	380-400

Sauveur, 1988**IV.2.2.1. Composition de l'albumen**

Le blanc est composé en quasi-totalité d'eau et de protéines, avec quelques minéraux, ce qui représente une grande originalité pour un produit comestible d'origine animale (90% de la matière sèche sont des protéines). Il renferme du glucose libre (deux fois plus concentré que dans le plasma sanguin) qui constitue la première source d'énergie utilisable par l'embryon (**Sauveur, 1988**).

IV.2.2.2. Composition du jaune

Le tableau 12 indique la composition du jaune de l'œuf. Tant du point de vue chimique que fonctionnel, les protéines et les lipides du jaune doivent être considérés ensemble.

Le jaune est, en effet, une source de lipides facilement dispersal dans l'eau et permettant l'émulsion d'autre substances. Ces propriétés sont dues à la haute teneur en phospholipides et au fait que tous les lipides (y compris les triglycérides) sont associés à deux protéines au moins, vitelline et vitellénine (**Sauveur, 1988**).

Tableau 12: Composition centésimale du jaune d'œuf de poule (en % de la matière sèche)

Glucose libre	0.4
Minéraux	2.1
Vitamines	1.5
Lipides	63
Protéines	33
Livétines	4 à 10
Phosvétine	5 à 6
Vitelline	4 à 15
Vitellénine	8 à 9

Sauveur, 1988

IV.3. Valeur nutritionnelle de l'œuf

L'œuf peut être caractérisé comme une source assez peu énergétique, de protéines parfaitement équilibrées et de graisses facilement digestibles. Il constitue en outre une source importante de phosphore, fer et de vitamines. A l'opposé, il est déficient en glucides, calcium et vitamines C.

Un œuf de 60 g fournit de 85 à 90 calories métabolisables (75 dans le jaune et 15 dans le blanc) pour un apport protéique de 7 g. Cet aliment représente donc un rapport calories/ protéines faible et peu de ce fait être recommandé dans les régimes à apport calorique modéré (**Sauveur, 1988**).

IV.3.1. Protéines

Les protéines de l'œuf ont des teneurs élevées en acides aminés essentiels (lysine, méthionine) mais également en arginine, phénylalanine, cystine... Elles sont surtout connues pour leur valeur biologique très élevée qui provient de la complémentarité existant entre les protéines du jaune et celles du blanc et de l'équilibre entre acides aminés (**Sauveur, 1988**).

IV.3.2. Lipides

Les lipides du jaune d'œuf ont une digestibilité élevée chez l'homme (de 94 à 96%) grâce à leur état émulsionné. Cette digestibilité est la plus forte pour les triglycérides (98%), fraction la plus riche en acides gras saturés ; elle atteint encore 90% pour les phospholipides.

Le jaune d'œuf est riche en acides gras insaturés (2/3 des acides gras totaux), et particulièrement en acide linoléique (**Sauveur, 1988**).

IV.3.3. Minéraux et vitamines

L'œuf est l'aliment le plus riche en phosphore assimilable alors qu'il n'apporte que peu de calcium.

L'autre caractéristique essentielle du jaune d'œuf est sa richesse en fer (30%), du fait de sa relative richesse en sodium.

De tous les aliments l'œuf est la meilleure source de vitamine A (10 à 50%). La situation est assez semblable pour la vitamine D. Un œuf couvre environ 5 à 10% des besoins en vitamine B1, environ 20% de ceux en B2 et acide pantothénique et 100% des besoins en biotine (**Sauveur, 1988**).

IV.4. Principaux facteurs de variation de la composition de l'œuf

Les travaux entrepris par Jacquot et Adrian (1954) cités par Sauveur, 1988 ont démontré que les teneurs en eau, en protéines, en acides aminés, en lipides totaux et en macro minéraux étaient relativement fixes par rapport aux teneurs en oligoéléments minéraux et vitaminiques, les acides gras et les lipides qui eux varient en fonction de la nature de l'aliment ingéré.

IV .4.1. Effets de l'âge de la poule

L'âge des pondeuses constitue le principal facteur influençant la qualité initiale de l'œuf qui tend à se dégrader au cours de la ponte et surtout après le 9^{ème} mois de production (**Lahellec ,1965 ; Protais, Bougon, 1985**).

On observe l'apparition de coquilles de plus en plus fragiles. Lorsque la poule vieillit le poids de l'œuf augmente, cet accroissement se traduisant par une augmentation de la part relative du jaune et une diminution de celle du blanc (**Fletcher, 1983**).

IV.4.2. Effets des techniques d'élevage

Le choix de l'âge de l'entrée en ponte est déterminant pour la qualité future des œufs, cet âge est déterminé génétiquement à 18 semaines et implique un poids minimum de 1500 g. Un poids inférieur des poulettes à l'entrée en ponte donnera des œufs plus petits que la normale et un poids supérieur (une entrée en ponte tardive) donnera des œufs plus gros mais en nombre moins important (**Anonyme, 2004**).

Il a été démontré qu'une entrée en ponte trop précoce va provoquer une diminution de la qualité des œufs se traduisant par une diminution des unités Haugh, un accroissement du nombre de taches de sang et une augmentation du nombre d'œufs fêlés (**Protais, 1988**).

La densité importante des cages conduit à une réduction du poids des œufs (la poule ne pouvant plus se nourrir correctement), un accroissement du taux de mortalité et une dégradation de la qualité de l'œuf (augmentation du nombre d'œufs fêlés, sales)

Lorsque la température augmente, la poule diminue sa consommation d'aliment et par conséquent celle du calcium, mais elle augmente son rythme respiratoire et sa consommation en eau, il s'en suivra une baisse de poids des œufs due à une dégradation de la qualité de la coquille et d'albumen **(Protais, 1988)**.

L'emploi de programme lumineux fractionnés semble agir favorablement sur la qualité de la coquille : coloration plus importante, déformations plus faibles, réduction du nombre d'œufs déclassés **(Sauveur et Picard, 1987)**.

De plus, la production des œufs est étroitement liée aux changements d'éclairage quotidiens auxquels les poules sont exposées. Un programme lumineux approprié peut agir favorablement sur le nombre et la grosseur des œufs, ainsi que sur le taux de viabilité des poules et leur rendement.

IV.4.3. Effets du mode d'élevage

Le mode de production n'affecte pratiquement pas la composition de l'œuf, les œufs fermiers peuvent avoir des caractéristiques organoleptiques variables mais pas forcément meilleures, en plus ce sont eux qui présentent la qualité bactériologique la moins bonne **(Sauveur, 1988)**.

IV.4.4. Effets de l'alimentation des poules pondeuses

Pour obtenir des œufs plus gros, on peut augmenter la ration en protéines/poule présente en rapport avec la consommation de méthionine + cystine et d'énergie **(Anonyme, 2004)**

Grâce à l'apport de calcium qu'elle procure, il est évident que l'alimentation influe directement sur la qualité de la coquille. Il est conseillé de distribuer 4g de calcium par poule et par jour en plus du carbonate de calcium incorporé dans l'aliment, cette distribution s'avère être d'autant plus efficace lorsqu'elle est effectuée le soir permettant à la poule de consommer du calcium indépendamment des autres aliments **(Bougon et al., 1986)**

La nature de l'aliment fournit aux volailles et surtout sa composition vont influencer directement sur la qualité de l'œuf, voici quelques exemples :

- un abaissement du taux protéique alimentaire va entraîner une réduction du poids de l'œuf portant d'avantage sur le blanc **(Sauveur, 1988)**
- un régime déficient en lipides et notamment en acide linoléique peut faire diminuer le poids de l'œuf de 10g **(Sauveur, 1988)**
- l'incorporation de sucre en substitution d'amidon permet d'augmenter significativement le poids du jaune **(Sauveur, 1988)**

- la supplémentation des régimes en magnésium, manganèse, zinc, iode, sélénium peut augmenter la teneur du blanc en ces éléments alors que la teneur en fer est stable (**Sauveur, 1988**)
- la teneur en pigments du régime alimentaire contrôle directement la coloration du vitellus. Cette dernière est fonction de la quantité mais aussi de la nature des caroténoïdes choisis (**Protais, 1988**).
- les vitamines subissent beaucoup de variations au niveau de l'œuf, elles concernent aussi bien les vitamines hydrosolubles, que les vitamines liposolubles.
- un régime hyper calorique (plus de 315 kcal) va entraîner une augmentation du poids des poulettes, la quantité d'œufs pondus (1,3 œuf pour une saison de ponte) et un coût nettement supérieur. Par contre pour un régime faible en calories (- de 315 kcal), la poule est difficilement commercialisée car trop légère, et la quantité d'œufs produits va diminuer (**Anonyme, 2004**).
- L'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment améliore le poids de l'œuf et ses constituants en revanche elle détériore l'unité Haugh comme le montre le tableau 13.

Tableau 13: Effet de la teneur en énergie du régime sur la qualité de l'œuf chez la poule

Teneur en énergie (kcal)	Taux de ponte	Poids moyen de l'œuf	Résistance de la coquille	Unité Haugh
2737	70,00	59,40	14,10	85,40
3003	71,40	60,10	13,40	85,20
3322	68,30	60,60	14,80	83,50

ISA, 2011

IV.5. Qualité de l'œuf

IV.5.1. Estimation de la qualité des œufs de consommation

La qualité des œufs de consommation va dépendre dans un premier temps du poids des volailles atteint à la fin de la période d'élevage, et surtout de l'uniformité du troupeau de pondeuses. Le tableau 14 indique le classement des œufs en fonction de leur poids, ce critère est étroitement lié à l'âge et au poids de la poule.

Un élevage de poules pondeuses arrivé en période de maturité sexuelle en même temps va donner des œufs d'une qualité constante. Ainsi, il est important que l'uniformité individuelle des volailles s'approche du poids moyen du troupeau et il est souhaitable que 80% des poules aient un poids individuel qui ne s'écarte pas du poids moyen du troupeau dans une proportion de 10% (**Anonyme, 2004**).

Tableau 14: Les différentes catégories des œufs de poule

Catégorie	Poids
A+	>70 g
A	65-70 g
B	60-65 g
C	55-60 g
D	<55 g

Anonyme, 2003

IV.5.1.1. Estimation de la qualité de la coquille

Quatre paramètres permettent d'apprécier la qualité de la coquille, ce sont la propreté, la couleur, la solidité et la forme :

- La propreté est mesurée par le pourcentage d'œufs sales c'est à dire présentant des souillures d'origine intestinale (fèces), génitale (taches de sang) ou poussières.
- La couleur de la coquille est appréciée au gros bout de l'œuf à l'aide d'un réflectomètre.
- La forme de la coquille est représentée par un indice de forme qui correspond au rapport (largeur/longueur) $\times 100$, il varie entre 65 pour un œuf allongé et 82 pour un œuf arrondi (**Protais, 1988**). Comme il peut être apprécié par le rapport longueur sur largeur (**Korteby, 1989**).
- La solidité de la coquille peut être appréciée soit en exerçant une force ne provoquant pas la rupture de la coquille (méthode indirecte), soit en exerçant une force entraînant la fracture de la coquille (méthode directe) (**Hamilton, 1982**).

IV.5.1.2. Estimation de la qualité de l'albumen

La qualité de l'albumen est en général estimée par les unités Haugh qui traduisent la relation existant entre l'albumen dense et la qualité du blanc.

Le pH de l'albumen se situant entre 7,8 et 8,2 le lendemain de la ponte, il croit avec le vieillissement de l'œuf (**Haugh, 1937**).

Tableau 15: Classification des œufs selon les valeurs des l'Unité Haugh

Classe	AA	A	B	AB
UH	> 39	75>UH> 55	55>UH>31	<31

Sauveur, 1988

IV .5.1.3. Estimation de la qualité du vitellus

La coloration du vitellus est appréciée à l'aide d'un éventail colorimétrique dont les valeurs s'échelonnent entre 6 (jaune clair) et 13 (jaune orangé). L'index vitellenique correspond au rapport (hauteur du vitellus/largeur du vitellus), il est situé entre 40 et 45 pour un œuf frais **(Protais, 1988)**

Actuellement, la notion qualité tient sa place sur les différents points commerciaux sur les prix des produits et l'orientation du consommateur. Cette approche est également appliquée aux œufs de consommation. En effet, le critère de choix le plus souvent retenu est celui de la fraîcheur, vient en 2ème position la grosseur et en fin le prix.

L'évaluation de la qualité de l'œuf concerne aussi bien la qualité physico-chimique et la qualité organoleptique. L'œuf est un produit vivant ayant des échanges gazeux avec le milieu extérieur à travers les micros pores de la coquille. En outre, la taille de la chambre à air augmente à mesure que l'eau s'évapore. De même, l'élimination du gaz carbonique à travers la coquille entraîne une augmentation du pH de l'albumen et une réduction de sa viscosité. Par ailleurs, l'évaluation de la fraîcheur de l'œuf se fait par la mesure de la hauteur de l'albumen. **(Protais, 1988)**

- Qualité organoleptique : du fait de sa richesse en lipides, le jaune de l'œuf est susceptible de fixer des substances volatiles en provenance de l'environnement et d'acquérir ainsi des goûts anormaux. Des altérations des goûts peuvent être introduites par des insecticides utilisés dans la lutte contre les parasites des animaux, ou en cas d'élevage sur litière, par des produits de traitement des copeaux de bois. La contamination intervient souvent ainsi après la ponte si les œufs sont entreposés à proximité d'autres matières premières (engrais, aliments composés et surtout fruits, fleurs, légumes...). L'alimentation de la poule a surtout été évoquée au moment où les farines de poissons étaient largement utilisées (4 à 5 % des régimes) **(Sauveur, 1988)**.

PARTIE
EXPERIMENTALE

MATERIELS
ET
METHODES

Matériels et méthodes

I. L'objectif

L'objectif de notre étude est de comparer les performances de ponte ainsi que la qualité de l'œuf de deux lots de poules pondeuses recevant deux aliments industriels l'un sans enzymes et l'autre adjuvé en enzymes « la phytase », durant une période s'étalant du 9 Avril 2015 au 19 Mai 2015.

II. Matériels et méthodes

II.1. Matériels

II.1.1. Matériel biologique

Les poules descendent de la souche ISA Brown. Les poules proviennent d'un même élevage de poulettes (l'ORAC de Ain Boucif wilaya de Médéa).

Il s'agit de deux lots de poules pondeuses :

- Celles d'un élevage privé à Dkakna (Douira wilaya Alger) est de 9000 sujets à raison de 5 poules / cage.
- Celles d'un élevage privé à Khodam à ouledchebel (Chebli wilaya Blida) est de 7200 sujets à raison de 5 poules /cage.



Figure 1: Les poules dans les cages

II.1.2. Bâtiment et équipements

Tableau 16: Identification des élevages visités

	Expérimental1	Expérimental2
Localisation	Dkakna à douira	Khodam à ouledchebel
Bâtiment		
Type de bâtiment	Obscur	Obscur
Type de murs	Parpaing	Parpaing
Longueur (en m)	50	35
Largeur (en m)	10	12
Superficie (en m²)	500	420
Batteries		
Rangées	3	4
Etages	3	3
Longueur	40	32
Dimension de la cage	500 cm ²	500 cm ²
Mangeoires	10.5 cm/ poule	10 cm/ poule
Pipettes /cage	2	2
Matériels d'élevage		
Ventilation et autres	-2 Des humidificateurs -3 Des extracteurs pour l'évacuation des gaz	-2 Des extracteurs pour l'évacuation des gaz



Figure 2: l'extérieur du bâtiment



Figure 3: l'intérieur du bâtiment

II.1.3. Autres matériels

-Les balances :

- Balance de 30 kg pour peser les poules.
- Balance de 500g pour peser les œufs.

-Pied à coulisse pour mesurer la largeur, la longueur des œufs, le diamètre du jaune, la hauteur du blanc et du jaune d'œuf.

-Thermo hygromètre pour mesurer la température et l'humidité du bâtiment.

II.1.4. Alimentation

- Formule alimentaire (sans enzymes) de l'unité de fabrication pour l'élevage de Dkakna à Douira

Tableau 17: formule alimentaire de l'expérimental 1

Matières premières et prémix	Poids kg
Soja	241,9
Mais	736,5
CMV	16,4
Calcaire	1,1
Vitamex régulier	3,6
Aromabiotic	0,5
Total	1000

- Le tableau 18 indique la formule alimentaire (avec enzymes) du complexe avicole de beni Amrane Boumerdes destinée à l'élevage de Khodam à ouled chebel.

Tableau 18: formule alimentaire de l'expérimental 2

Matière première	Poids Kg
Soja	185,2
Son de blé	102,9
Mais	669,8
CMV	10,3
Phosphore	15,4
Calcium	15,4
Phytase	1
Total	1000

La distribution des aliments est automatique à l'aide des chariots.



Figure 4: les chariots

II.1.5. Eau

La distribution d'eau est automatique



Figure 5: les distributeurs d'eau

II.1.6. Phytase

L'enzyme utilisée est la phytase, avec une dose de 1kg/tonne.

II.1.7. Conditions d'ambiance

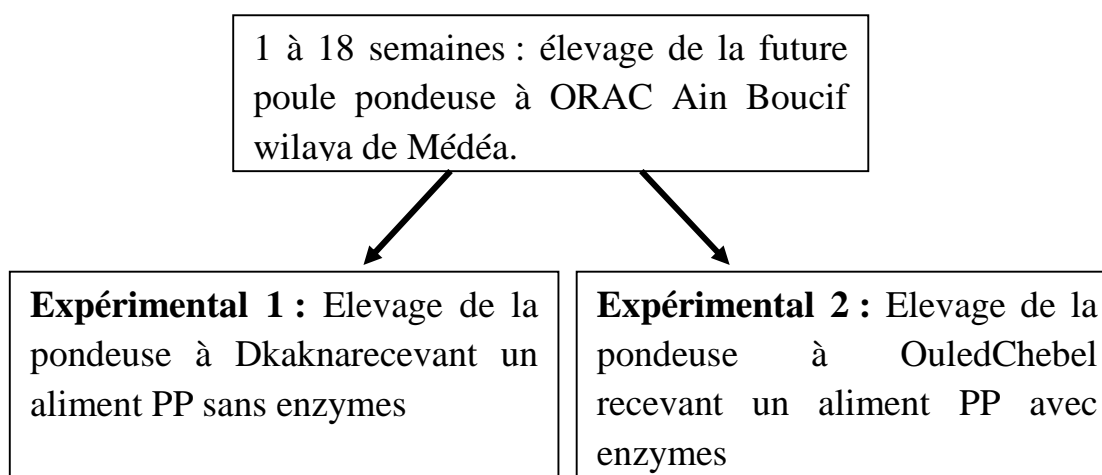
Selon les données relevées chez les deux éleveurs et indiquées au tableau 19, les conditions d'ambiance sont relativement similaires.

Tableau 19 : Les conditions d'ambiance des deux Bâtiments

	Bâtiment 1	Bâtiment 2
Température	20,6C°	22,4-23C°
Humidité	62,9-63	64
Eclairage	12-13h/j	13h/j

II.2. Méthodes

2.2.1. Méthodes expérimentales



Itinéraire des futures poules pondeuses de 1 à 18 semaines

Taux de mortalité total	: 8,23
Taux d'homogénéité	: 90%
Indice de conversion	: 3,58
Consommation moyenne / sujet départ	: 5,37 kg
Consommation moyenne /sujet (18 semaines)	: 5,86 kg

Itinéraire des pondeuses chez les éleveurs respectifs

Ils ont préparés leur bâtiment d'une façon similaire, conscients de l'effet milieu sur l'expression des performances ultérieures de leurs animaux. Ils ont pratiqué un vide sanitaire avec la mise en place du matériel d'élevage avant la réception de la nouvelle bande.

2.2.2. Méthodes appliquées**2.2.2.1. Pesée des animaux :**

Cette opération est faite à l'aide d'une balance de 30kg. La pesée d'un échantillon d'animaux de 20 poules prises au hasard pour chaque élevage.



Figure 6: pesée des animaux

2.2.2.2. Nombre d'œufs collectés :

La collecte des œufs est faite manuellement dans les deux élevages.



Figure 7: collecte des œufs

2.2.2.4. Analyse chimique : selon les méthodes conventionnelles de l'INRA, 1981.

- **Analyse de l'aliment :** Prise d'échantillon d'aliments dans le but d'une analyse chimique de ses macrocomposants (MS, MM, CB, MAT et MG).
- **Analyse des composants des œufs :** les œufs sont pesés, mesurés (à l'aide d'un pied à coulisse on mesure la longueur et largeur) puis cassés et séparés :
 - Une fois, 10 œufs ont servi à calculer l'unité Haugh et l'index de vitellus blanc et jaune en mesurant la hauteur du jaune et son diamètre et la hauteur du blanc épais.
 - Une autre fois, 10 œufs sont séparés en composants (albumen, vitellus et coquille) pour d'éventuelles analyses chimiques.

Il s'agit de la matière sèche (albumen, vitellus et coquille), les matières azotées totales, les matières minérales (albumen et vitellus) et matières grasses exclusivement au niveau du vitellus.



Figure 8: Pesé de l'albumen



Figure 9: Pesé de vitellus



Figure 10: Pesé de la coquille



Figure 11: Etuvage des composants des œufs



Figure 12: L'albumen après étuvage et après broyage



Figure 13: Le vitellus après étuvage et après broyage

2.2.3. Paramètres calculés

2.2.3.1. Taux de ponte (TP):

Le taux de ponte est mesuré hebdomadairement.

$$TP = (\text{nombre d'œufs} / \text{nombre de poules de départ} \times 7 \text{ jours}) \times 100$$

2.2.3.2. Index de forme (I_f)

Le format de l'œuf varie d'une espèce à une autre. Il change peu chez la même espèce.

$$I_f = L / l$$

L : longueur de l'œuf

l : largeur de l'œuf.

2.2.3.3. Unité Haugh (UH)

Calcul de l'Unité Haugh (UH) à partir de la formule suivante :

$$UH = 100 \log (H - 1,7P^{0,37} + 7,57)$$

H : hauteur du blanc épais (en mm).

P : poids de l'œuf (en g).

2.2.3.3. Index de vitellus (I_j)

$$I_j = H_j / D_j$$

H_j : hauteur du jaune (en mm).

D_j : diamètre du jaune.

2.2.3.4. La masse d'œuf

Masse d'œuf = (Le poids moyen d'œuf x quantité d'œuf produite par semaine) / effectif début de semaine

2.2.3.5. L'énergie métabolisable (EM)

Calcul de l'EM selon la formule de Sibbald, 1981 :

$$EM = 3951 + (54,4MG) - (88,7CB) - (40,8MM)$$

3. Analyse statistique

Les moyennes, les écarts types sont calculés par Excel. La comparaison statistique des moyennes est élaborée par un test de Student au risque =5% par le logiciel statistique SPSS version 21.

RESULTATS
ET
DISCUSSION

Résultats et discussion

1. Poids des poules

Le poids moyens des pondeuses enregistré est illustré dans le tableau 20. Ce poids représente celui du pic de ponte.

Les deux lots, celui recevant l'aliment classique adjuvé en enzymes et celui recevant l'aliment sans adjonction présentent des poids statistiquement comparables avec un écart de 18g.

Le coefficient de variation montre une excellente homogénéité dans les deux lots expérimentaux.

Tableau 20: Poids moyen (en g) des poules pondeuses

	Poids moyens (g)	Max	Min	Ecart type	CV%
Exp1	1703a	1980	1420	98,3	5,77
Exp2	1721a	1925	1530	87,25	5,07

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables au risque =5%.

2. Taux de ponte par poule de départ

Le tableau 21 présente le taux de ponte dans l'exp1 et l'exp2. Le taux de ponte (au pic de ponte) est de 80% et 91% respectivement dans l'exp1 et l'exp2.

Selon **MELLEF et al., 2010**, le taux de ponte est de $(90,25 \pm 1,14)$. Donc on observe que le taux de ponte dans l'expérimental 2 est dans les normes par contre celle de l'expérimental 1 est inférieur aux normes.

Nos observations sont en accord avec les résultats de (INRA) cités par (Agnes et al., 2007), ils rapportent qu'il y a un effet de phytase sur le taux de ponte.

Ce résultat est rapporté aussi par (MELLEF et al., 2010) qui le trouvent chez des poules pondeuses de lots supplémentés avec de forte quantités d'enzyme (800 et 1200 U/Kg), résultats qui ont été significativement plus élevés que ceux observés dans lot témoin et dans le lot supplémenté à 400U/Kg de phytase.

Tableau 21: Taux de ponte des deux expérimentaux

	Taux de ponte% (Au pic de ponte)
Exp1	80
Exp2	91

3. Composants chimiques de l'aliment

Les résultats des analyses chimiques de l'aliment distribué dans les deux lots expérimentaux sont présentés dans le tableau 22.

Tableau 22: Résultats d'analyses chimiques des deux aliments

	MS %	MM %	MO %	MAT %	MG %	CB %	EM
Exp1	89,95a	4,90a	95,10b	14,78a	3,06a	2,22a	3516,83a
Exp2	89,79b	4,06b	95,94a	16,76a	1,90b	2,23a	2146,49b

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement non comparables au risque =5%.

- La teneur de l'aliment en matière sèche dans l'expérimental 1 et l'expérimental 2 est respectivement de 89,95% et 89,79%.
Le tableau 22 montre qu'il y a une différence significative entre la MS des deux aliments.
Les deux valeurs de la MS sont inférieures à celle trouvées par **(BROU et al., 2012)** qui donnent 91,80%.
La teneur de l'aliment en matières minérales est de 4,90% pour l'exp1 et de 4,06% pour l'exp2
- Les valeurs de la MM ne sont pas statistiquement comparables, la MM de l'expérimental 1 supérieure à celle de l'expérimental 2
Nos résultats sont supérieures aux valeurs enregistrés par **(BROU et al., 2012)** qui sont de 3,30%
- La teneur moyenne des matières organiques est de 95,10% pour l'expérimental 1 et 95,94% pour l'expérimental 2
Les valeurs de la MO enregistrées montrent qu'il y a une différence significative entre les deux aliments, la MO de l'aliment de l'exp1 inférieure à celle de l'exp2.
- La teneur moyenne en MAT est de 14,78% pour le lot expérimental 1 et de 16,76% pour le lot expérimental 2

Le tableau 22 indique une différence non significative entre la teneur moyenne en MAT des deux lots expérimentaux.

BROU et al, (2012) donnent une valeur supérieure de 17,10%.

- La teneur moyenne des matières grasses soit 3,06% pour l'exp1 et 1,90% pour l'exp2.

Les valeurs de la MG mentionnées dans le tableau ne sont pas comparables, l'aliment de l'exp1 présente une teneur en MG très élevée par rapport à l'aliment de l'exp2

Ces résultats sont inférieurs à la valeur rapportée par **BROU et al, (2012)** soit 4,20%

- Le taux de l'aliment en cellulose dans les deux lots expérimentaux est respectivement de 2,22% et 2,23%.

Les valeurs de CB de la 1^{ère} et la 2^{ème} exp sont statistiquement comparables

Nos résultats sont nettement inférieurs au taux enregistré par (**BROU et al., 2012**): 4,27%. La teneur maximale admise chez les monogastriques est de 4%

- L'énergie métabolisable selon la formule de Sibbald, 1981, estime 3516,83 Kcal/kg de MS dans l'exp1 et de 2146,49 Kcal/kg de MS dans l'exp2.

On observe que la valeur de l'EM dans l'exp1 est statistiquement supérieure à celle de l'exp2.

La valeur de l'EM de l'exp1 est supérieure à celle trouvée par (**BROU et al., 2012**) qui ont donné une EM de 2655 Kcal/kg de MS, par contre l'EM de l'exp2 lui est inférieure.

La teneur énergétique est inversement corrélée au taux de ponte et à l'unité Haugh (ISA, 2011).

Malgré que l'aliment avec enzymes est hypo-énergétique que l'aliment sans enzymes, il lui est attribuée une meilleure ponte à un âge type et une masse des œufs plus élevée. Il est reconnu que la volaille régule son ingéré alimentaire en fonction de la teneur énergétique de l'aliment (INRA, 1984).

4. Poids et masse des œufs

4.1. Poids des œufs

Le poids des œufs en pic de ponte, des deux lots expérimentaux est mentionné dans le tableau 23.

Les poids sont comparables, soient 48,89 et 49,69g respectivement dans l'expérimental 1 et l'expérimental 2. Les œufs sont de la catégorie D, selon anonyme 2003, cette catégorie regroupe les œufs dont le poids moyen est inférieur à 55g.

Les poids moyens enregistrés dans les deux lots expérimentaux sont inférieurs à celui trouvé par **Sauveur, 1988** qui donne 60g.

Les échantillons prélevés au hasard montrent une excellente homogénéité avec des coefficients de variation inférieure à 10.

Tableau 23: Poids total des œufs

	Poids moyens (g)	Max	Min	Ecart type	CV%
Exp1	48,89a	52,08	45,10	2,35	4,82
Exp2	49,67a	55,01	45,74	2,65	5,34

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables. au risque =5%.

4.2. La masse d'œuf

Pendant la période de ponte en remarque que la masse d'œuf dans l'exp1 est inférieure à celle dans l'exp2. Ceci est attribué au taux de ponte plus élevé dans l'expérimental2 au même âge type.

Selon (**Mellef et al.,2011**) en fonction de la quantité de phytase apportée dans l'aliment de base les poules recevant 800 et 1200U/Kg d'enzyme ont produit une masse d'œuf significativement plus «élevée que celle du lots témoin.

Tableau 24: La masse d'œuf

	La masse d'œuf (g)
Exp1	39,11
Exp2	45,19

5. Les composants de l'œuf

Le tableau 25 montre le poids des composants de l'œuf.

En effet le poids d'albumen, de vitellus et de coquille sont comparables entre les deux lots expérimentaux. La phytase n'a pas d'effet sur le poids des composants des œufs

Tableau 25 : le poids des différents composants de l'œuf (g)

	Albumen	Vitellus	Coquille
Exp1	31,04a	11,44a	5,86a
Exp2	31,11a	12,09a	6,02a

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables au risque =5%.

- **Poids d'albumen**

Le poids d'albumen des deux lots expérimentaux est inférieur à celle donné par **Sauveur, 1988** qui est de 37g.

- **Poids de vitellus**

D'après les valeurs du tableau 25, on remarque que le poids de vitellus est comparable dans les deux lots expérimentaux.

Le poids de vitellus est de 17,3g (**Sauveur, 1988**). Les poids de vitellus enregistrés lui sont inférieurs soient respectivement 11,44 et 12,09g.

- **Poids de la coquille**

Le tableau 25 montre que la différence entre les lots est non significative.

Le poids de la coquille dans l'exp1 et l'exp2 est très proche à celle donné par **Sauveur, 1988** (5,50-5,75g).

Le tableau 26 montre le rapport entre les constituants de l'œuf

Tableau 26: Le rapport entre les différents composants de l'œuf

	Albumen/vitellus	Poids de l'œuf/coquille	Albumen +vitellus/coquille
Exp1	2,72± 0,13a	8,37±0,42 a	7,28±0,48a
Exp2	2,59±0,20 b	8,29± 0,49a	7,21± 0,49a

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement non comparables au risque =5%.

- **Le rapport entre l'albumen et le vitellus**

On remarque qu'il y a une différence significative entre le rapport Albumen/vitellus de l'expérimental 1 et de l'expérimental 2, en faveur de l'expérimental 1.

- **Le rapport entre le poids de l'œuf et celui de la coquille**

Ce rapport est un indicateur sur la fragilité des œufs. On peut la considérée comme étant le caractère qui permet à la coquille de conserver son intégrité physique au cours des différentes manipulations qui se succèdent depuis la ponte de l'œuf jusqu'à sa consommation.

Comme le montre le tableau 26, la différence est non significative entre le rapport poids de l'œuf/coquille dans l'exp1 et l'exp2.

- **Le rapport entre l'albumen+vitellus et la coquille**

Les valeurs entre les deux lots sont comparables, soient respectivement 7,28 et 7,21.

6. Format de l'œuf

Les valeurs des mesures de l'œuf sont présentées dans le tableau 27.

La longueur des œufs des deux expérimentaux est comparable soient respectivement 44,80 et 43,98mm.

Il n'y pas une différence significative entre les valeurs de largeur des œufs des deux lots expérimentaux soient respectivement 33,60 et 33,56 mm.

La différence est significative entre le rapport longueur/ largeur des œufs ou bien l'index de forme de l'exp1 et de l'exp2. Ce rapport est respectivement de 1,33 et 1,31.

Tableau 27 : Présentation de la longueur et l'index de forme dans les deux lots expérimentaux

	Longueur	Largeur	Index de forme
Exp1	44,80± 1,41a	33,60± 0,79a	1,33± 0,04a
Exp2	43,98± 1,08a	33,56± 0,94a	1,31± 0,04b

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement comparables.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement non comparables au risque =5%.

7. L'unité Haugh et l'index vitellus

Les paramètres liés à la fraîcheur de l'œuf sont regroupés dans le tableau 28.

- **Hauteur de l'albumen**

On observe que dans les deux lots expérimentaux la hauteur de l'Albumen des œufs sont comparables.

- **Hauteur du vitellus**

A partir du tableau on observe qu'il y a une différence significative entre la hauteur du vitellus des œufs de l'exp1 et l'exp2

- **Diamètre de vitellus**

Les diamètres de vitellus sont comparables, soient 30,34 et 32,03 respectivement dans l'expérimental 1 et l'expérimental 2.

- **Unité Haugh**

La qualité de l'albumen est en général estimée par les unités Haugh qui traduisent la relation existant entre l'albumen dense et la qualité du blanc.

L'échelle des Unités Haugh s'étend pratiquement de 20 à 110 (**Sauveur, 1988**).

Selon les valeurs des UH illustrés dans le tableau 28, les œufs des deux lots expérimentaux sont classés dans la classe AB soient 22,66 et 26,14. Les valeurs de l'unité Haugh sont statistiquement comparables dans les deux lots expérimentaux

D'après (**Protais; Bougon, 1985**), la valeur de l'Unité Haugh au pic de ponte est de 90,7 cette dernière est supérieure aux valeurs trouvées dans notre expérimentation.

- **Index de vitellus**

L'index de vitellus correspond au rapport (hauteur du vitellus/ largeur du vitellus).

Les valeurs de l'index vitellus des lots expérimentaux ne sont pas comparables, il y a une différence significative entre l'exp1 et l'exp2.

L'index de vitellus dans l'exp1 (0,010) est inférieur à celui de l'exp2 (0,013).

Tableau 28 : la hauteur de l'albumen, la hauteur et le diamètre de vitellus, l'unité Haugh et l'index vitellus

	Poids	Hauteur de l'albumen	Hauteur du vitellus	diamètre de vitellus	Unité Haugh	Index vitellus
Exp1	49,88a	1,32a	0,45a	30,34a	22,66a	0,010b
Exp2	51,95a	1,62a	0,44b	32,03a	26,14a	0,013a

Les moyennes suivies de la même lettre sont statiquement comparables. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement non comparables au risque =5%.

8. Composition de l'œuf

a. La teneur en matière sèche

➤ albumen

Le taux de MS de l'albumen est comparable entre les deux lots expérimentaux

Les valeurs de la matière sèche d'albumen enregistrées dans le tableau sont supérieures à celle trouvée par Sauveur ,1988 (11,0 -13,0%)

➤ vitellus

D'après le tableau on constate que la teneur en matières sèche de vitellus de l'expérimental1 et l'expérimental 2 sont statistiquement comparables

Selon **Sauveur ,1988** la matière sèche de vitellus est entre 51,0-53,5% donc la valeur de la 1^{ère} exp est supérieure à celle trouvée par **Sauveur** alors que celle de la 2^{ème} exp est dans les normes.

➤ coquille

On remarque qu'il n'y a pas une différence significative entre la matière sèche de la coquille de l'exp1 et de l'exp2.

Tableau 29 : la MS des principaux composants de l'œuf

	MS de L'albumen	MS de vitellus	MS de la coquille
Exp1	15,91a	55,23a	85,67a
Exp2	15,00a	52,52a	84,55a

Les moyennes suivies de la même lettre sont statiquement comparables au risque =5%.

La phytase n'a pas d'effet à signaler sur la composition de la matière sèche des composants de l'œuf.

b. Composants chimiques de l'œuf

Le tableau 30 indique les valeurs de la composition chimique des composants de l'œuf.

i. La teneur en MM

➤ Albumen

On observe que la différence entre les deux lots expérimentaux est non significative, avec un écart de 1,51%

Le teneur en matière minérale de l'albumen dans l'exp1 est de 0,33% et 0,34% dans l'exp2, ces deux valeurs sont inférieures à celle trouvée par **saveur, 1988** soit 0,5-0,7 %

➤ Vitellus

Comme le montre le tableau la différence entre les valeurs de la MM de l'exp1 et l'exp2 est non significative, avec un écart de 1,71%.

Le teneur en matière minérale de vitellus dans l'exp1 est de 0,89% et 1,06% dans l'exp2, ces deux valeurs sont inférieures à celles trouvées par **saveur, 1988** soit 1,1-1,6%

ii. La teneur en MAT

➤ Albumen

Les valeurs de la MAT dans l'exp 1 et 2 sont comparables.

La MAT de l'albumen dans l'exp1 est de 13,74% et dans l'exp2 15,17% on remarque que les deux valeurs sont supérieures à celle trouvée par **Sauveur, 1988** (9,5-11,5%).

➤ Vitellus

On constate qu'il n'y a pas une différence significative entre la MAT de vitellus de l'exp1 et l'exp2

D'après **Sauveur, 1988** la MAT de vitellus est de 16-17%, les valeurs enregistrées dans le tableau lui sont inférieures.

iii. La teneur en MG

➤ Vitellus

Les lipides sont les composants les plus importants du vitellus de l'œuf.

Ce qui concerne la valeur de la MG de vitellus illustré dans le tableau, on observe qu'il y a une différence significative entre les deux lots expérimentaux.

Nos valeurs sont supérieures à celles de **Sauveur ,1988** qui sont de 33-34%.

Tableau 30: Résultats d'analyses chimiques des œufs

		MS	MM	MAT	MG
Albumen	Exp1	15,91a	0,33a	13,74a	-
	Exp2	15,00a	0,34a	15,17a	-
Vitellus	Exp1	55,23a	0,89a	14,34a	58,41a
	Exp2	52,52a	1,06a	15,66a	40,93b

Les moyennes suivies de la même lettre sont statiquement comparables.

Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement non comparables au risque =5%.

La phytase n'a pas d'effet sur la composition chimique des composants de l'œuf hormis la matière grasse du vitellus. Cette dernière est nettement plus faible dans le lot recevant de la phytase

CONCLUSION

CONCLUSION

Notre étude a porté sur la comparaison entre l'aliment industriel poule pondeuse :

- l'un sans enzymes (l'expérimental 1) distribué à 9000 sujets.
- l'autre adjuvé en enzyme la phytase (l'expérimental 2) distribué à 7200 sujets. Le taux d'incorporation enzymatique est de 1kg/1000kg d'aliment.

Les poules proviennent d'un même élevage de l'ORAC de Ain Boucif.

Les poules présentent une excellente homogénéité pondérale preuve qu'elles ont reçues une bonne préparation de la phase pré-ponte.

Malgré la forte teneur de l'aliment sans enzymes en énergie métabolisable (teneur élevée en matière grasse) comparativement à l'aliment avec enzymes, il n'a pas été démontré des sous performances au niveau du second lot.

Les résultats obtenus sont :

- ✓ Le taux de ponte des poules nourries avec la phytase réalisent au même âge 91% contre 80% chez des poules recevant un aliment sans enzymes.
- ✓ La masse d'œuf de l'expérimental 1 est de 39,11g est moindre que chez les poules de l'expérimental 2 qui est de 45,19%.

Cependant la phytase n'a pas eu d'effet sur le poids, les composants les rapports des composants, sur l'unité Haugh qui exprime l'état de fraîcheur et sur la composition chimique des composants des œufs.

Au terme de notre expérimentation, il ressort que la supplémentation de phytase a permis d'améliorer quelques performances de ponte pouvant compenser le manque de l'aliment en énergie métabolisable.

En recommandation:

L'utilisation actuelle des phytases par les producteurs de volailles est devenue pratique courante dans les pays développés. Cependant en Algérie cette pratique n'est pas généralisée malgré les avantages des enzymes et leur rôle d'optimiser la digestion du phosphore phytique et des protéines.

La réduction des concentrations de phytates dans les ingrédients alimentaires et/ou dans le tractus gastro-intestinal par hydrolyse enzymatique constitue la voie principale pour diminuer la pollution engendrée par le phosphore tout en préservant la santé, la productivité des oiseaux et la qualité du produit final.

L'étude a démontré l'effet de la phytase sur l'optimisation de l'aliment nécessite confirmation par l'utilisation d'un bâtiment testage offrant les mêmes conditions ambiances aux animaux testés, d'un même aliment une fois témoin, d'autres fois adjuvés à différentes doses d'enzymes pour une période plus longue de mesure.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agnes M. Francesch M., Gautron J., Geraert P.A. 2007. Les enzymes chez la poule : des bénéfices au-delà de la valeur nutritionnelle. *7^{ème} journées de la recherche avicole, tours 28 et 29 mars 2007.*

Anonyme, 2003. Algérie : Un fond de soutien pour dynamiser les filières : *Revue Afrique Agriculture 2003.*

Anonyme, 2004. Hy-line variety Brown, *Guided'élevage 2004*

Anonyme, 2009. Technique de conduite des élevages de poules pondeuses d'œufs de consommation. *Bulletin technique 2009.*

Beckers, Y., Piron, F., Wéry, O., Vandeplass, S., Théwis, A., 2005. Des enzymes exogènes pour valoriser davantage le froment chez les volailles et les porcs. *Faculté des sciences agr, uni. Zootech, 2, B-5030. Gembloux.*

Bernardeau M, Gueguen M., Smith DG, Corona-Barrera E., Vernoux JP, 2009. Antagonistic activities of two Lactobacillus strains against Brachyspira. *VetMicrobiol. 138(1-2); 184-190.*

Blain J.C., 2002. Introductions à la nutrition des animaux domestiques. *Ed Médicales internationales, 2002.*

Bougon M., Portais J., L'hospitalier R., 1986. Etude des performances et de la qualité des œufs chez les pondeuses soumises à un éclairage discontinu par périodes de trois heures (2^{ème} essai). *Bulletin de la Station de Ploufragan.*

Brou G.K.G., Houndonougbo F.M., Ivoirien P.H.D., 2012. Effet de la variation temporelle de la température ambiante journalière sur le poids des œufs de poules pondeuses ISA Brown. *Biol. Chem. Sci. 6(5): 2158-2169.*

Butel M.J, 2009. Prébiotiques et probiotiques. Lettre nutrition santé n°20 département « Périnatalité, Microbiologie, Médicament » *Université Paris Descartes.*

Callaway, T. R., Anderson, R. C., Edrington, T. S., Elder, R. O., Genovese, K. J., Bischoff, K. M., Poole, T. L., Jung, Y. S., Harvey, R. B., and Nisbet, D. J., 2003. Preslaughter intervention strategies to reduce food-borne pathogens in food animals. *J. Anim. Sci., 81: 17-23.*

Callaway TR, Anderson RC, Edrington TS, Genovese KJ, Harvey RB, Poole TL, Nisbet DJ. 2004. Recent pre-harvest supplementation strategies to

reduce carriage and shedding of zoonotic enteric bacterial pathogens in food animals. *Anim Health Res Rev.* 5(1):35-47.

Courtois J., 1947. Recherches sur la phytase: III. Essais de séparation de l'activité glycérophosphatasique et de l'activité phytasique du son de blé. *Bioch.Biophys.Acta.*, 1 : 270- 277.

Cowiesson A., Acamovic T., Bedford M.R., 2006.Supplementation of corn-soy-based diets with an *Eshericia coli*-Derived Phytase :Effets on broiler Chick Performance and the Digestibility of Amino Acids and Metabolizability of Mineral and Energy.*Poult.Sci.*, 85: 1389-1397

Cowieson A. J., Ravindran V., 2008. Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutriment density for young broiler: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. *British Poultry Science* 49: 37-44.

Devie P., Le Goaziou A., Divol A., Olivon M., Gilbert G., Petit J., Laurent S., 2006. Les antibiotiques dans l'alimentation animale. www.univbest.fr/esmisab/sites/prod-anim/antibio-pdf

Dormont D., André F., Aumaitre L., Bontoux J., 2000. Rapport du groupe de travail « alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments ». *Agence Française de la Sécurité des Aliments, 2000.*

Fallah, R., Kiani, A. et A. Azarfar. 2013. A review of the role of five kinds of alternatives to infeed antibiotics in broiler production. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 5(11) : 317-321.

Fang ZF, Peng J, Tang TJ, Liu ZL, Dai JJ, Jin LZ., 2009.Effects of enzyme addition on the nutritive value of broiler diets containing hulled or dehulled Chinese double-low rapeseed meals.*Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93: 467-476.**(et al. A completer)**

Ferrah A., 2005. Aides publiques et développement d'élevage en Algérie contribution à une analyse d'impact (2000-2005)-*Cabinet de GREDAAL.COM-pp 5-7.*

Fletcher D.L., 1983.The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content.*Poultry Sci.*, 62:1800-1805.

Francesch M., Geraert P. A., 2009. Enzyme complex containing carbohydrases and phytase improves growth performance and bone mineralization of broilers fed reduced nutrient corn-soybean-based diets. *Poultry Science* 88: 1915-1924.

Gadoud R., Joseph M., Jussiau R., Lisberney M., Mangeol B., Montméas L., Tarrit A. ,1992 Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Ed. Foucher

Garcia M., Lázaro, R., Latorre, M.A., Gracia, M.I. and Mateos, G.G., 2008. Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poultry Science* 87: 940-948.

Guide UE, 2007. De bonnes pratiques pour la fabrication d'additifs et de pré mélanges pour l'alimentation animale, *Guide Union Européen Vol 126*.

Guillot J. F., 2001. Consequences of Probiotics Release in the Intestine of Animals.Ciheam-lamz.,(*Cahiers Options Méditerranéennes; v. 54*), 3.p. 17-21

Hamilton R.M.G.,1982. Poultry Sci., 64, 273-286.

Haugh R.R., 1937.The Haugh unit for measuring egg quality. U.S. Egg and *Poultry Magazine*, 43,552 - 555 and572.

Hong D., Burrows, H. & Adeola, O., 2002.Addition of enzyme to starter and grower diets for ducks. *Poultry Science* 81: 1842-1849.

INRA, 1989. Alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles 2^{ème} édition INRA 1989.

INRAA, 2003. Rapport National Sur les Ressources Génétiques Animales en Algérie. *Rapport, INRA Algérie, 46p*.

ISA, 2005. Guide d'élevage pondeuse.

ISA, 2011. (ISA Brown) Guide nutritionnel des pondeuses commerciales.

Jacela, J.Y., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Renter, D.G. et S.S. Dritz. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets – prebiotics and probiotics, and phytogenics. *Journal of Swine Health and Production*, 18(3) : 132-136.

Jondrville C. Et DourmadeJ.Y.,2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.*, 18 : 183-192.

Kaci A, Boukella M., 2007.L'aviculture intensive en Algérie : analyse d'une filière à 1^{ère} d'une mondialisation,13p.

Kiarie E., Nyachoti C. M., Slominski B. A., Blank G., 2007.Growth performance, gastrointestinal microbial activity, and nutrient digestibility in early-weaned pigs fed diets containing flaxseed and carbohydrase enzyme. *Journal of Animal Science* 85: 2982-2993.

Korteby H., 1989. Analyse des corrélations phénotypiques entre les composants des œufs de pintade. *Mémoire d'ingénieur d'état en Sciences Agronomiques, Option Zootechnie ; USDB Blida.*

Lan P. T. N., Hayashi, H., Sakamoto, M., and Benno, y., 2002. Phylogenetic analysis of cecal microbiota in chicken by the of 16s r DNA clone libraries. *Microbial. Immunol.Rev., 46(6) : 371-382.*

Lahellec C, Meurier C., 1965. Technique de préparation et contaminations bactériennes des carcasses de volailles.

Larbier M, Leclercq B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. *Paris:ed. INRA. 1992.*

MADR, 2006. Les statistiques agricoles

Mellef J., Dridi A., El Bahri L., Belhaj O., 2010. Les effets de l'ajout de phytase microbienne sur la biodisponibilité du phosphore et les performances des volailles, *Revue de Médecine Vétérinaire, .7 : 342-352.*

Mountzouris KC, Tsirtsikos P, Kalamara E, Nitsch S, Schatzmayr G, Fegeros K. 2007. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing Lactobacillus, Bifidobacterium, Enterococcus, and Pediococcus strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poult Sci. 86(2):309-17.*

Murphy J., 2003. Chercher des solutions de rechange aux additifs pour l'alimentation du bétail, gouvernement de l'Ontario, Canada.ag.info.omafra@ontario.ca

Nielsen P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R., Halberg, N., 2008. Environmental assessment of digestibility improvement factors applied in animal production. *International Journal of Life Cycle Assessment 13: 49-56.*

Nyannor E. K. D, Bedford M. R, Adeola. O., 2009. Corn expressing an Escherichia coli-derived phytase gene : comparative evaluation study in broiler chicks. *Poultry Science 87: 20015-2022.*

OFAL., 2000. Filière et marchés des produits avicoles en Algérie. *Rapport, ITELV Algérie, p 117.*

Olukosi O.A, Sands J.S and Adeola O., 2007. Supplementation of carbohydrase or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science 85: 1702-1711.*

Philippe J., 1989. NIVEAUX ENERGETIQUES DES ALIMENTS POUR PONDEUSES : INFLUENCE SUR LES PERFORMANCES ET LE COMPORTEMENT. *ISA* – 5, rue Buffon 22000 Saint Brieuc www.isapoultry.com

Pointillart A.,1994. Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Prod. Anim.*, 7 : 29-39.

Poulsen H. D., A.W. Jongbloed, P. Latimier and J.A. Fernandez., 1999. Phosphorous consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livestock Production Science* 58: 251-259.

Protais, J. Bougon, M. 1985., Evolution du poids et de la densité de l'oeuf. au cours de trois semaines de stockage. *Bul. d'Inf. Station Exp. d'Aviculture de Ploufragan*, 1985 p vol. 25 : 143-153.

Protais, 1988.La qualité de l'œuf de consommation. *L'aviculture Française*, Editions Rosset, 761-772.

Ravindran V., Cabahug S., Ravindran G., Selle P.H., Brayden W. L., 2000.Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels.Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention.*Brit. Poult. Sci.*, 41:193-200.

Rodehuscord M., Wendt P., Strobel E., 2008. Reducing the phosphorus concentration in diets for turkeys between 10 and 22 weeks of age. *British Poult. Sc.*, 591-597.

Rolfe, R. D., 2000. The Role of Probiotic Cultures in the Control of Gastrointestinal Health. *J. Nutr.*, 130: 396–402.

Samli HE, Senkoylu N, Koc F, Kanter M, Agma A. 2007. Effects of *Enterococcus faecium* and dried whey on broiler performance, gut histomorphology and intestinal microbiota.*Arch AnimNutr.* 61(1):42-9.

Sauveur B., Picard M., 1987.Environmental effects on egg quality in the laying hen. In egg quality, current problems and recent advances.(*poultry Science Symposium N b 20*),R.G. Wells et C.G. BelyavinEds, *butterworths, London.*

Sauveur, B., 1988. Reproduction des volailles et production d'oeufs. *Paris, INRA éditions,1988.*

Seal, B.S., Lillehoj, H.S., Donovan, D.M. et C.G. Gay. 2013.Alternatives to antibiotics: a symposium on the challenges and solutions for animal production. *Animal Health Research Reviews*, 14(1) : 78-87.

Selle P. H., Ravindran V., 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 135: 1-41.

Selle P. H. Ravindran V., 2008. Phytate –degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science* 113: 99-122.

SHIRLEY R.B., EDWARDS H.M., 2003. Graded levels of phytase past industry standards improve broiler performance. *Poult. Sci*,82, 671-680.

Simon O, Jadamus A &Vahjen W., 2001. Probiotic feed additives – effectiveness and expected modes of action. *J Anim Feed Sci* 10: 51-67.

Slominski, B.A. 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry Science*, 90(9) : 2013-2023.

Soltner D., 1999 Alimentation des animaux domestiques. Tome 1, 21^{ème}

Synpa, 2011. Alimentation et attentes sociales, La contribution des additifs et des ingrédients. **Syndicat National des Producteurs d'Additifs**, www.synpa.org.

Tahir M, Saleh F, Ohtsuka A, Hayashi K., 2008. An effective combination of carbohydrases that enables reduction of dietary protein in broilers : importance of hemicellulase. *Poultry Science* 87: 713-718.

Thorpe J., Beal J. D., 2001. Vegetable protein meals and the effects of enzymes. In Bedford, M. R., Partridge, G. G. (Ed.) *Enzymes in farm nutrition*. CAB international, pp. 125-144.

Toma, M. M., Raipulis, J., Kalnina, I. and Rutkis, R.,2005. Effect of Probiotic Yeast on Genotoxicity. *Food Technol. Biotechnol.*, 43 (3): 301-305.

TRAN G et SKIBA F., 2005. Variabilité inter et intra matière première de la teneur en phosphore total et phytique et de l'activité phytasique. *INRA Prod. Anim.*, 18 : 159-168.

Trufanov OV, KotykAM, Bozhok LV.,2008. Effect of probiotic preparation based on *Bacillus subtilis* (BPS-44) in experimental mycotoxicoses of chickens. *Mikrobiol Z.* 70(1):52-8.

UZU, 1989. Alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volaille. INRA, France 1984.

Vondruskova, H., Slamova, R., Trckova, M., Zraly, Z. et I. Pavlik., 2010. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. *VeterinariMedicina*, 55(5) : 199-224.

Wo, 2007. Effet synergique de l'association de phytases sur l'hydrolyse de l'acide phytique. <En ligne> Accès internet :

<http://www.wipo.int/pctdb/fr/wo.jsp?IA=FR2006001652&WO=2007006952&DISPLAY=DESC>. (Page consultée le 24/09/09)

Yoruk MA, Gul M, Hayirli A & Macit M., 2004. The effects of supplementation of humate and probiotic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *PoultSci* 83: 84-88.

Yun JH, Lee KB, Sung YK, Kim EB, Lee HG, Choi YJ., 2009. Isolation and characterization of potential probiotic lactobacilli from pig feces. *J Basic Microbiol.* 49(2):220-6.

Zhou MX., 2008. Barley production and consumption. In: Zhang GP and Li CD, eds. Genetics and improvement of barley malting quality. The Springer Press, 1-17

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Première partie : Partie Bibliographique	
Chapitre I : L'aviculture en Algérie.....	2
I.1. Structure des élevages avicoles en Algérie.....	2
I.2. Production des œufs de consommation.....	3
Chapitre II : Alimentation et besoins des poules pondeuses.....	5
II.1. Alimentation des poules pondeuses.....	5
II.2.1. Alimentation des poules en ponte.....	5
II.2. Besoins des poules pondeuses et performances.....	6
II.2.1. Besoins énergétiques	6
II.2.2. Besoins en protéines et acides amines.....	7
II.2.3. Besoin en minéraux et vitamines	8
Chapitre III : Utilisation des additifs et des enzymes en alimentation avicole.....	10
III.1. Les additifs.....	10
III.1.1. Définitions	10
III.1.2. Intérêts généraux des additifs.....	10
III.1.3. Classification des additifs et modes d'action.....	11
III.1.3.1. Additifs zootechniques.....	12
III.1.3.1.1. Nutriments.....	12
a) Acides aminés.....	12
b) Vitamines	12
c) Oligoéléments	12
III.1.3.2.2. facteurs de croissance.....	13
a) Antibiotiques.....	13
b) Probiotiques.....	14

c) Prébiotiques.....	15
III.2. Utilisation des enzymes en alimentation avicole.....	15
III.2.1. Les enzymes exogènes utilisées dans l'alimentation des volailles...	16
III.2.1.1. Les carbohydrases	16
III.2.1.2. Les protéases, amylases et lipases	18
III.2.1.3. Le mélange d'enzymes.....	18
III.2.1.4. Enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés.....	19
III.2.1.5. Les phytases.....	19
III.2.1.5.1. Influence des phytases	20
III.2.1.5.2. Intérêts de phytase.....	22
Chapitre IV : Structure, compositions et qualité de l'œuf.....	23
IV.1. Structure de l'œuf	23
IV.1.1. Structure interne de l'œuf.....	23
IV.1.2. Structure de la coquille	23
IV.2. Composition moyenne de l'œuf de poule.....	23
IV.2.1. Composition de la coquille	24
IV.2.2. Composition de la partie comestible de l'œuf	24
IV.2.2.1. Composition de l'albumen.....	25
IV.2.2.2. Composition du jaune.....	25
IV.3. Valeur nutritionnelle de l'œuf	26
IV .3.1. Protéines.....	26
IV .3.2. Lipides.....	26
IV.3.3. Minéraux et vitamines	26
IV.4. Principaux facteurs de variation de la composition de l' œuf.....	27
IV.4.1. Effets de l'âge de la poule	27
IV.4.2. Effets des techniques d'élevage.....	27
IV.4.3. Effets du mode d'élevage.....	28

IV.4.4. Effets de l'alimentation des poules pondeuses.....	28
IV.5. Qualité de l'œuf.....	29
IV.5.1. Estimation de la qualité des œufs de consommation.....	29
IV.5.1.1. Estimation de la qualité de la coquille.....	30
IV.5.1.2. Estimation de la qualité de l'albumen.....	30
IV.5.1.3. Estimation de la qualité du vitellus	31

Deuxième partie : Partie Expérimentale

Matériels et méthodes.....	32
I. L'objectif	32
II. Matériels et méthodes.....	32
II.1. Matériels.....	32
II.1.1. Matériel biologique	32
II.1.2. Bâtiment et équipements.....	33
II.1.3. Autres matériels.....	35
II.1.4. Alimentation.....	35
II.1.5. Eau	36
II.1.6. Phytase.....	37
II.1.7. Conditions d'ambiance.....	37
II.2.Méthodes	37
2.2.1. Méthodes expérimentales.....	37
2.2.2. Méthodes appliquées.....	38
2.2.2.1. Pesée des animaux	38
2.2.2.2. Nombre d'œufs collectés	39
2.2.2.4. Analyse chimique	39
2.2.3. Paramètres calculés.....	41
2.2.3.1. Taux de ponte (TP).....	41
2.2.3.2. Index de forme (I_f).....	42

2.2.3.3. Unité Haugh (UH)	42
2.2.3.3. Index de vitellus (Ij).....	42
2.2.3.4. La masse d'œuf.....	42
2.2.3.5. L'énergie métabolisable (EM).....	42
3. Analyse statistique.....	42
Résultats et discussion	43
1. Poids des poules	43
2. Taux de ponte par poule de départ.....	43
3. Composants chimiques de l'aliment.....	44
4. Poids et masse des œufs.....	46
4.1. Poids des œufs	46
4.2. La masse d'œuf	46
5. Les composants de l'œuf	47
6. Format de l'œuf.....	48
7. L'unité Haugh et l'index vitellus.....	49
8. Composition de l'œuf	50
a. La teneur en matière sèche	50
b. Composants chimiques de l'œuf.....	51
i. La teneur en MM.....	51
i.i. La teneur en MAT.....	51
i.i.i. La teneur en MG	51

Conclusion

Références bibliographiques