



## Effet d'un aliment commercial de poules pondeuses sur la teneur en cholestérol du jaune des œufs de cailles (*Coturnix coturnix japonica*) produits en Côte d'Ivoire

Kouadio Frédéric KOFFI<sup>1</sup>, N'Goran David Vincent KOUAKOU<sup>\*2</sup>, Cho Euphrasie Monique ANGBO-KOUAKOU<sup>2</sup>, Gouha Firmin KOUASSI<sup>1</sup>, Gningnini Alain KONE<sup>2</sup>, Kouakou Ernest AMOIKON<sup>1</sup>, Maryline KOUBA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, BP 582 Abidjan22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, B.P. 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>INRA-Agrocampus Ouest UMR 1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, Rennes, France

\*Auteur correspondant : Tél : +225 08 39 33 63 ; Fax : +225 30 64 04 06, kwayki@yahoo.fr

Original submitted in on 23<sup>rd</sup> April 2016. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 31<sup>st</sup> May 2016  
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v10i11.9>

### RÉSUMÉ

**Objectif :** Le présent travail vise à déterminer l'impact de l'aliment commercial de poules pondeuses, principal aliment distribué aux cailles en Côte d'Ivoire, sur la teneur en cholestérol des œufs de cailles qui sont de plus en plus prisés par la population ivoirienne pour leurs valeurs thérapeutiques.

**Méthodologie et Résultats :** L'effet de l'aliment commercial de poules pondeuses (100%, régime contrôle (RC) ou d'un régime constitué de 95% du régime contrôle et 5% de graines de *Euphorbia heterophylla*, riches en acides gras polyinsaturés oméga 3 (R5) a été étudié sur 30 cailles pondeuses (*Coturnix coturnix japonica*) de 172±2 g, réparties en deux lots durant 15 jours. A la fin de l'essai, le taux de cholestérol du jaune des œufs de cailles produits à partir de l'aliment commercial de poules pondeuses (RC) était de 27,0±5,0 mg.g<sup>-1</sup> contre 16,6±0,8 mg.g<sup>-1</sup> pour R5, soit une réduction significative de 38,6% (P>0,05). Aucune différence significative n'a été révélée au niveau des paramètres zootechniques des cailles et des caractéristiques physiques des œufs (P>0.05).

**Conclusion et Application des résultats :** L'alimentation des cailles dans les fermes ivoiriennes devrait faire l'objet d'une supplémentation en acides gras oméga 3 afin que ces œufs ne constituent pas une source supplémentaire de maladies cardiovasculaires, principales causes de mortalité dans les pays africains à revenu faible ou intermédiaire.

**Mots clés :** Cailles, *Euphorbia heterophylla*, œufs, cholestérol, AGPI n-3, santé.

## ABSTRACT

### Effect of a commercial diet of laying hens on the cholesterol content of the yolk of quail eggs (*Coturnix coturnix japonica*) products in Ivory Coast

**Objective:** The aim of this study was to determine the effect of commercial feed of laying hens, principal feed distributed to quail in Ivory Coast, on the cholesterol content of quail eggs which are consumed a lot by the Ivorian population, due to their therapeutic value.

**Methodology and Results :** the effect of commercial feed of laying hens (100%, control diet (RC)) or 95% of control diet supplemented by 5% of *Euphorbia heterophylla* seeds, rich in polyunsaturated fatty acids n-3 (R5) was studied in 30 laying quails (*Coturnix coturnix japonica*) of 172±2 g body weight, divided into two groups during 15 days. At the end of test, the cholesterol level in the egg yolk of quails produced with the control diet RC was of 27.0±5.0 mg.g<sup>-1</sup> against 16.6±0.8 mg.g<sup>-1</sup> with the diet R5, which means a significant reduction of 38.6% (P>0.05). No significant differences were observed on production parameters of laying quail and physical characteristics of eggs (P>0.05).

**Conclusions and Application of Results:** The feeding of the quails in the Ivorian farms should be supplemented by omega-3 fatty acids in order to prevent these eggs from being an additional source of cardiovascular disease, principal cause of mortality in the African countries with low or intermediate income.

**Keywords :** Quails, *Euphorbia heterophylla*, eggs, cholesterol, PUFA n-3, health.

## INTRODUCTION

Les œufs de consommation constituent pour l'homme un aliment essentiel, grâce à leur haute valeur nutritive (Tolik *et al.*, 2014) et à l'équilibre de ses constituants facilement assimilables. C'est une production importante dans le monde qui correspond à plus de 20% de la production de protéines animales (Magdelaine *et al.*, 2010). En Côte d'Ivoire, selon les données de l'Inter Profession Avicole, la filière de production d'œufs de poules pondeuses a produit en 2014, 1033 millions d'œufs de consommation (IPRAVI, 2016). L'œuf de consommation est un véritable concentré de nutriments, une source d'excellentes protéines, de très bons lipides, de vitamines et de minéraux (INRA, 2011). Il est également une source de cholestérol d'origine alimentaire non négligeable. En effet, la teneur en cholestérol de 100 g d'œuf de poule pondeuse (360 mg) est 6,5 fois supérieure à celle (55 mg/100 g) du muscle semimembranosus (tissu frais) de porc de 100 kg de poids vif (Kouba *et al.*, 1998). De ce fait, il pourrait constituer un facteur de risque dans la survenue de maladies cardiovasculaires (MCV), responsables de la moitié de l'ensemble des décès causés par une maladie chronique, notamment en Afrique (El Rhazi, 2010 ; OMS, 2013). En effet, selon Popkin (2002), les MCV représentent 79% des décès dans les pays africains à revenu faible ou intermédiaire, bien plus que le

syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA), le paludisme et la tuberculose réunis. Parmi les œufs de consommation issus des fermes ivoiriennes se trouvent ceux des cailles (Kanga, 2006), qui sont de plus en plus prisés par la population en raison de leurs supposées valeurs nutritives et thérapeutiques, et ce, malgré un poids d'environ 11 g, cinq fois plus légers que les œufs de poules pondeuses. Par ailleurs, les cailles pondeuses sont très appréciées par les éleveurs car elles sont nourries avec le même aliment industriel commercial qu'elles consomment trois fois moins en comparaison aux poules pondeuses (35 g vs 120 g) pour un prix de vente de l'œuf (2000 F CFA/30 œufs) et un taux de ponte identiques. Cependant, la teneur en cholestérol de 24,3 mg.g<sup>-1</sup> et le rapport acides gras polyinsaturés oméga 6/ acides gras polyinsaturés oméga 3 (n-6/n-3) de 41 du jaune d'œuf de poules pondeuses nourries avec cet aliment commercial durant 28 jours (Kouakou *et al.*, 2015), sont plus élevés que les valeurs de référence de 15 mg.g<sup>-1</sup> pour la teneur en cholestérol (Bourre, 2005) et de 4 pour le rapport n-6/n-3 (ANSES, 2011). La cause pourrait être un déséquilibre de la composition en certains nutriments notamment la faible teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI) et la teneur élevée en acides gras saturés (AGS) (Kouakou *et al.*, 2015). Il importe donc de déterminer l'impact de cet aliment

commercial de poules pondeuses sur la teneur en cholestérol des œufs de cailles afin de protéger la

santé des consommateurs.

### MATERIEL ET METHODES

**Situation du site expérimental :** L'étude a été réalisée à la ferme expérimentale du Département Agriculture et Ressources Animales de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro (6,5°N ; 5,2°O). La température et l'humidité relative durant l'essai ont varié respectivement de 20 à 30°C et de 80 à 85%. La pluviométrie moyenne mensuelle était de 1100 mm.

**Dispositif expérimental et conduite de l'essai :** Deux

lots de 15 cailles pondeuses (*Coturnix coturnix japonica*), de 6 mois (de 172±2 g) provenant de la ferme de production de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) ont été utilisés. Un lot a reçu l'aliment commercial de poules pondeuses (100%, régime contrôle (RC)). Le second lot a reçu un régime constitué de 95% du régime contrôle (RC) et de 5% de graines de *Euphorbia heterophylla* (R5). Les régimes étaient iso-caloriques et iso-protéiques (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Ingrédients des différents régimes alimentaires

Ingrédients (%)	Régimes alimentaires	
	RC	R5
Aliment commercial	100	95
<i>Euphorbia heterophylla</i> (graines)	-	5
<b>Valeurs déterminées par calcul</b>		
Énergie métabolisable (kcal / kg MS)	537,4	544,8
Protéine brute (%)	18,9	19,2
Matière Grasse (%)	1,9	3,4
Matière Minérale (%)	12,8	12,7
Cellulose Brute (%)	1,6	1,8
Calcium (%)	3,6	3,5
Phosphore (%)	1,8	1,8
Calcium / Phosphore	2,0	2,0
<b>Profil en acides gras (% des acides gras totaux)</b>		
<b>∑AGS</b>	<b>23,96</b>	<b>20,61</b>
C14 :0	0,25	0,24
C15 :0	0,08	0,07
C16 :0	18,51	16,06
C18 :0	4,59	3,72
C20 :0	0,54	0,52
<b>∑AGMI</b>	<b>31,52</b>	<b>22,36</b>
C16 :1 n-9	0,15	0,14
C16 :1 n-7	0,47	0,45
C18 :1 n-9	29,43	20,32
C18 :1 n-7	1,12	1,10
C20 :1 n-9	0,36	0,35
<b>∑AGPI</b>	<b>44,51</b>	<b>57,02</b>
C18 :2 n-6	42,05	32,06
C18 :3 n-3	2,46	24,96
<b>C18 :2 n-6/ C18 :3 n-3</b>	<b>17,09</b>	<b>1,28</b>

**RC** = Régime contrôle (100% aliment commercial) ; **R5** = 95% du régime contrôle associé à 5% de graines de *Euphorbia heterophylla* ; **MS** = matière sèche ; **∑AGS** : somme des acides gras saturés ; **∑AGMI** : somme des acides gras monoinsaturés ; **∑AGPI** : somme des acides gras polyinsaturés

Les cailles ont été élevées dans six cages en bois de 0,125 m<sup>3</sup> (0,5 x 0,5 x 0,5 m), à raison de cinq cailles par cage. La conduite de l'élevage a duré 31 jours répartis en deux phases. La première est la phase dite d'adaptation des cailles aux conditions d'élevage d'une durée de 15 jours, au cours de laquelle toutes les cailles ont été soumises à l'aliment commercial des poules pondeuses. La seconde phase, dite expérimentale a duré 15 jours et a débuté par le réajustement pondéral des différents lots puis l'attribution aléatoire des deux régimes aux cages, soit trois cages de cinq cailles par régime. Durant l'essai, les cailles par cage, recevaient chaque jour, 200 g d'aliment et l'eau à volonté. Les aliments ingérés ont été quantifiés. Les mesures de prophylaxie sanitaire ont été respectées afin de prévenir l'apparition d'éventuelles pathologies. Les œufs ont été collectés et pesés tous les jours. Quatre œufs par cage ont été choisis de manière aléatoire parmi ceux des jours 0, 3, 6, 9, 12 et 15 à partir

## RESULTATS ET DISCUSSION

**Profils en acides gras des régimes alimentaires :** Les proportions en acide palmitique (C16 :0), en acide oléique (C18 :1 n-9) et en acide linoléique (C18 :2 n-6) de l'aliment commercial de poules pondeuses étaient respectivement 15,6%, 44,8% et 31,2% plus élevées que celles du second régime (R5), hormis la proportion en acide linoléique (C18 :3 n-3) qui était 10 fois plus faible. Aussi, le ratio C18 :2 n-6/ C18 :3 n-3 du régime contrôle (17,1) était-il élevé au regard des normes qui sont de l'ordre de 2 ou 1,09 respectivement pour des aliments pour poules pondeuses modérément ou très enrichi en oméga 3 (Nain *et al.*, 2012 ; Ayerza *et al.*, 2000).

**Effet de *Euphorbia heterophylla* sur paramètres zootechniques et caractéristiques physiques des œufs :** Les résultats portant sur les paramètres zootechniques et les caractéristiques des œufs sont indiqués dans le tableau 2. Au cours de l'essai, aucune différence significative n'a été révélée entre les paramètres zootechniques des cailles pondeuses soumises aux différents régimes RC et R5. Les valeurs moyennes de la consommation alimentaire, du taux de ponte et de l'indice de consommation lié à la ponte étaient de 34,6±2,1 g et 34,5±3,6 g ; de 90,7±18,3 g et 79,3±10,3 g, et de 3,6±1,1 et 3,8±0,4 respectivement pour RC et R5. Les valeurs moyennes du poids des œufs, du poids du jaunes des œufs, et de la coloration du jaune des œufs étaient de 11,1±0,3 et 11,5±0,3 g ; de 3,9±0,4 g et de 4,0±0,5 g, et de 3,5±0,6 et 4,7±1,5. Ces valeurs obtenues au cours de l'essai sont conformes à

de la phase expérimentale pour les deux régimes. La coquille, l'albumen et le vitellus ont été séparés puis pesés. Les lipides des jaunes d'œufs ont été extraits selon la méthode de Folch *et al.* (1957). Quant à la teneur en cholestérol total du jaune des œufs, elle a été déterminée suivant le protocole décrit par Pasin *et al.* (1998) à l'aide d'un kit enzymatique de cholestérol (CYPRESS DIAGNOSTICS Code HB006 Cholestérol Test enzymatique-colorimétrique (CHOD-POD)). Les teneurs en matière sèche et en lipides des différents régimes expérimentaux ont été déterminées suivant les méthodes de la norme de l'Association Officielle des Chimistes Analytiques (AOAC, 2006).

**Analyses statistiques :** Les différences entre les deux lots ont été testées par le test-t de Student. L'effet fixe était le régime. Le seuil de signification était de 5%. Les tests ont été réalisés à l'aide du logiciel STATA 2012.

celles obtenues par Kul et Seker (2004) et Kozuszek *et al.* (2009) et elles n'ont pas été affectées par les régimes (P>0,05). Des résultats similaires ont été également observés sur les performances zootechniques et les caractéristiques physiques de la viande de cailles (Sahin *et al.*, 2006 ; Elangovan *et al.*, 2003), de lapins (Bernadini *et al.*, 1999 ; Dal-Bosco *et al.*, 2004) et de porcs (Kouba *et al.*, 2003 ; Guillevic *et al.*, 2009), qui n'ont pas été modifiées par l'ingestion de régimes à forte teneur en acides gras polyinsaturés oméga 3.

**Teneur en lipides totaux et en cholestérol total du jaune des œufs :** Les teneurs en lipides totaux du jaune des œufs n'ont pas été affectées par les régimes testés (P>0,05). L'absence d'effet des régimes alimentaires sur la teneur en lipides totaux dans le jaune des œufs de cailles s'expliquerait par le fait que les enzymes de la lipogenèse ne sont pas affectées par la nature du régime alimentaire (Benatmane, 2012). Des résultats identiques ont été également observés par Augustyn *et al.* (2006) ou par Kouakou *et al.* (2015) qui ont incorporé respectivement 15% de graines de lin ou de *Euphorbia heterophylla* dans le régime des poules pondeuses. Après 15 jours d'essai, la teneur en cholestérol (27 mg.g<sup>-1</sup>) du jaune d'œuf des cailles nourries avec le régime contrôle (RC) était supérieure (P<0,05) à celle du jaune des œufs obtenus avec le second régime R5 (16 mg.g<sup>-1</sup>), de même, qu'à celle de la teneur de référence (12 mg.g<sup>-1</sup>) de jaune d'œuf de cailles (Bragagnalo et Rodriguez-Amaya, 2003).

**Tableau 2 : Caractéristiques zootechniques des cailles et caractéristiques physiques et nutritionnelles de leurs œufs**

Paramètres	Régimes alimentaires	
	RC	R5
<b>Zootechniques des cailles</b>		
Poids initial (g)	192,8±12,8a	190,9±16,1a
Poids final (g)	199,3±15,9a	191,9±17,1a
Consommation moyenne (g)	34,6±2,1a	34,5±3,6a
Taux de ponte (%)	90,7±18,3a	79,3±10,3a
Indice de consommation lié à la ponte	3,6±1,1a	3,8±0,4a
<b>Physiques des œufs</b>		
Poids moyen des œufs (g)	11,1±0,3a	11,5±0,3a
Poids moyen de la coquille (g)	1,1±0,2a	1,1±0,1a
Poids moyen du jaune (g)	3,9±0,4a	4,0±0,5a
Poids moyen du blanc (g)	5,7±0,7a	5,8±0,8a
Coloration du jaune	3,5±0,6a	4,7±1,5a
<b>Nutritionnelles des œufs</b>		
Taux de matière sèche (%)	47,5±12,8a	41,2±18,8a
Taux de lipides (%)	25,0±7,1a	25,0±7,1a
Concentration en cholestérol (mg.g <sup>-1</sup> )	27,0±5,0a	16,6±0,8b

a, b : les moyennes portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement identiques (P>0,05) ; **RC** = Régime contrôle (100% aliment commercial) ; **R5** = 95% du régime contrôle associé à 5% de graines de *Euphorbia heterophylla*.

Ce résultat serait liée aux déséquilibres en certains nutriments tels que les AGS et les AGPI n-3 du régime contrôle. En effet, l'assimilation des AGS augmente le taux de cholestérol plasmatique, source du cholestérol du jaune d'œuf (Connor *et al.*, 1965 ; Andrews *et al.*, 1968 ; Lamant, 2006 ; Naber, 1983), contrairement aux AGPI oméga 3 dont la teneur élevée dans le régime R5 en comparaison au régime contrôle (RC) aurait induit la réduction de 38,6% de la teneur en cholestérol total (P<0,05) (Tableau 2). Des observations identiques ont été faites par Atakis *et al.* (2009) par la supplémentation du régime des cailles avec de l'huile de poisson riche en AGPI oméga 3. De même Sari *et al.* (2002) ont montré qu'une incorporation de 15% de lin, source d'acides gras polyinsaturés (AGPI) oméga 3, réduisait de 10% le taux de cholestérol du jaune des œufs de poules pondeuses. En effet l'apport des AGPI oméga 3 dans le régime entraîne la suppression de l'expression des SREBP-1 (Sterol Response Element Binding Proteins) régulateurs clés du métabolisme des lipides et du cholestérol (Xu *et al.*, 1999). Cette suppression de l'expression du SREBP-1 conduit d'une part à une diminution de la lipogenèse et de la sécrétion des LDL qui sont les principaux transporteurs du cholestérol sanguin, et d'autre part à une réduction du niveau des esters de cholestérol dans le plasma et le foie. Par ailleurs, les AGPI oméga 3

permettent une augmentation du transport inverse du cholestérol vers le foie via les HDL, où il sera converti en acides biliaires (Fernandez et West, 2005). Aussi, une diminution du taux de cholestérol plasmatique et de lipoprotéine LDL au profit des lipoprotéines HDL a-t-elle été observée lors du remplacement des AGS de l'aliment par des AGPI chez le hamster et le cobaye (Daumerie *et al.*, 1992 ; Fernandez *et al.*, 1992 ; Horton *et al.*, 1993). La baisse progressive avec le temps de la teneur en cholestérol total du jaune des œufs issus du régime R5 observée durant l'essai (Figure 1) est conforme aux résultats de Nain *et al.* (2012). En effet ceux-ci soulignent que la diminution de la concentration en acide  $\alpha$ -linoléique oméga 3 du plasma et du vitellus de l'œuf de poules pondeuses, était progressive et atteignait la saturation à partir du 12<sup>ème</sup> jour. Au regard de la réduction de la teneur en cholestérol total enregistrée dans le jaune d'œufs de cailles nourris avec le régime R5, nous pouvons émettre comme hypothèse, la présence dans les graines de *Euphorbia heterophylla*, d'autres substances hypocholestérolémiantes autres que les acides gras polyinsaturés oméga 3 (Hermier *et al.*, 2004). Aussi, importe t-il que des travaux complémentaires, les caractérisent et précisent l'effet de chacune d'elles dans la réduction du cholestérol total du jaune d'œufs des cailles.

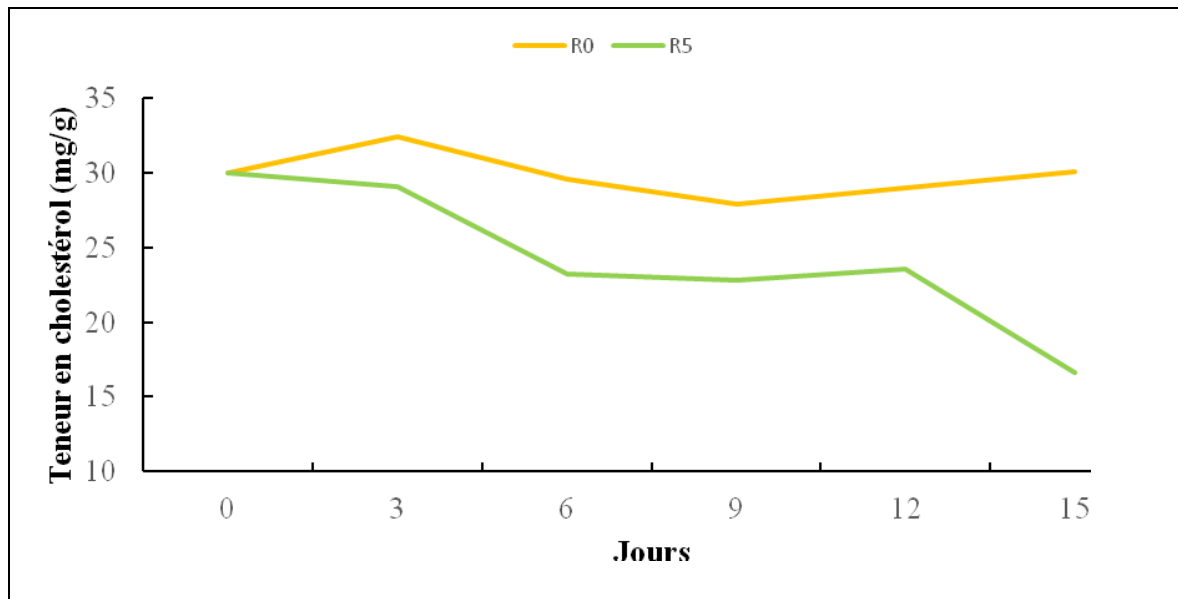


Figure 1 : Évolution de la teneur en cholestérol du jaune des œufs des cailles pondeuses

## CONCLUSION

Cette étude indique que les œufs de caille produits avec l'aliment commercial industriel des poules pondeuses ont une teneur en cholestérol relativement élevée par rapport aux teneurs de références. Cependant, une incorporation de graines de *Euphorbia heterophylla* dans la ration des cailles améliore la qualité nutritionnelle des œufs en réduisant leur teneur en cholestérol total du jaune. En somme, l'alimentation des cailles dans les fermes

ivoiriennes devrait faire l'objet d'une supplémentation en source naturelles d'acides gras polyinsaturés oméga 3, telles que les graines de *Euphorbia heterophylla*, si l'on veut que ces œufs ne soient pas une source supplémentaire de maladies cardiovasculaires, principales causes de mortalité dans les pays africains à revenu faible ou intermédiaire.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Andrews JW, Wagstaff RK, Edwards HM, 1968. Cholesterol metabolism in the laying fowl. *American Journal of Physiology* 214: 1078-1083.
- Anses, 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras, Rapport d'expertise collective. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire des Aliments. p 1-327.
- AOAC, 2006. Official Methods of Analysis. *Association of Official Analytical Chemists*, 18th ed.
- Atakisi E, Atakisi O, Yaman H, Arslan I, 2009. Omega-3 fatty acid application reduces yolk and plasma cholesterol levels in Japanese quails. *Food Chemistry and Toxicology* 47: 2590-2593.
- Augustyn R, Barteczko J, Smulikowska S, 2006. The effect of feeding regular or low a -linolenic acid linseed on laying performance and total cholesterol content in eggs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 15 : 103-106.
- Ayerza R. and Coates W., 2000a. Dietary Levels of Chia : Influence on Yolk Cholesterol, Lipid Content and Fatty Acid Composition for Two Strains of Hens. *Poultry Science* 79:724-739.
- Benatmane F, 2012. Impact des aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. Thèse de doctorat 172 p.
- Bernadini M, Dal Bosco A, Castellini C, 1999. Effect of dietary n-3/n-6 ratio on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbit. *Animal Science* 68: 647-654.
- Bourre JM, 2005. Enrichissement de l'alimentation des animaux avec les acides gras oméga 3 : impact sur la valeur nutritionnelle de leurs produits pour l'homme. *Médecine/Sciences* 21: 773-779.
- Bragagnalo N, Rodriguez-Amaya DB, 2003. Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs. *Journal of Food Composition and Analysis* 16:147-153.

- Connor WE, Osborne WJ, Marion WL, 1965. Incorporation of plasma cholesterol-4-C 14 into egg yolk cholesterol. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 118: 710-713.
- Dal-Bosco A, Castellini C, Bianchi L, Mugnai C, 2004. Effect of dietary alpha-linolenic acid and vitamin E on fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Science* 66: 407-413.
- El Rhazi K, 2010. Transition nutritionnelle, facteurs associés et émergence des maladies chroniques au Maroc : étude transversale en population générale adulte. Université Bordeaux 2 et Université Sidi Mohamed Benabdellah - Fes. Thèse de doctorat, 106 p.
- Elangovan AV, Verma SVS, Sastry VRB, Singh SD, 2003. Effect of feeding sunflower seed meal, neem kernel meal, and rapeseed meal on growth performance of japanese quail. *School of Agriculture* 80(1): 59-63.
- Fernandez ML, West KL, 2005. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids. *Journal of Nutrition* 135: 2075-2078.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226 : 497-509.
- Guillevic M, Kouba M, Mourot J, 2009. Effect of a linseed diet or a sunflower diet on performances, fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and stearoyl-CoA-desaturase activity in the pig. *Livestock Science* 124: 288-294.
- Hermier D, Morise A, Ferezou J, Riottot M, Fénart E, Weill P, 2004. Influence de la forme d'apport des lipides de la graine de lin sur le métabolisme du cholestérol chez le hamster. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 11(3): 230-236.
- Horton JD, Cuthbert JA, Spady DK, 1993. Dietary fatty acids regulate hepatic low density lipoprotein (LDL) transport by altering LDL receptor protein and mRNA levels. *Journal of Clinical Investigation* 92 : 743-749.
- INRA SCIENCE & IMPACT (2013). L'œuf aux trésors, Dossier de presse INRA. p 18-24.
- IPRAVI, 2016. [http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques.fichier\\_joint\\_contenu\\_58.pdf](http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques.fichier_joint_contenu_58.pdf). pdf
- Kanga K, 2006. Aide d'urgence pour la détection rapide et la prévention de la grippe aviaire en Afrique de l'Ouest : Cas de la Côte d'Ivoire.
- Kouakou NDV, Traoré GCM, Angbo CEM, Kouamé KB, Adima AA, Assidjo NE, Grongnet J-F, Kouba M., 2015. Essai préliminaire de production d'œufs des poules pondeuses (ISA Warren) enrichis en acides gras polyinsaturés oméga 3 avec les graines de *Euphorbia heterophylla* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(4): 1902-1909.
- Kouba M, Mourot J, Bonneau M, Mounier A, 1998. Effet d'un régime riche en acide linoléique sur la qualité diététique des tissus musculaires et adipeux du porc charcutier. *Journées de Recherche Porcine en France* 30: 297-301.
- Kouba M, Enser M, Whittington FM, Nute GR, Wood JD, 2003. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* 81: 1967-1979.
- Kozuszek R, Kontecka H, Nowaczewski S, Lecenierowski G, Kijowski J, Rosiński A, 2009. Quality of pheasant (*Phasianus colchicus* L.) eggs with different shell colour. *Archiv fur Geflügelkunde* 73: 201-207.
- Kul S, Seker I, 2004. Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science* 3: 400-405.
- Lamant M, 2006. *Caractérisation d'une Nouvelle apolipoprotéine humaine, l'Apo O*. UNIVERSITE PAUL SABATIER - TOULOUSE III. Thèse de Doctorat. 238 p.
- Naber EC, 1983. Nutrient and drug effects on cholesterol metabolism in the laying hen. *Federation proceedings* 42: 2486-2493.
- Nain S, Renema RA, Korver DR, Zuidhof MJ, 2012. Characterization of the n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. *Poultry sciences* 91: 1720-1732.
- OMS, 2013. Rapport de Consultation OMS/FAO d'experts, Régime Alimentaire, Nutrition Et Prévention Des Maladies Chroniques. OMS/FAO. p4.
- Pasin G, Smith GM, O'mahony M, 1998. Rapid determination of total cholesterol in egg yolk using commercial diagnostic cholesterol reagent. *Food Chemistry* 61: 255-259.
- Popkin BM, 2002. The shift in stages of the nutritional transition in the developing world differs from

- past experiences ! Public Health Nutrition 5: 205-214.
- Sahin N., Sahin K, Onderci M., Karatepe M., Smith M. O., and Kucuk O., 2006. Effects of Dietary Lycopene and Vitamin E on Egg Production, Antioxidant Status and Cholesterol Levels in Japanese Quail. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 19 (2): 224-230.
- Sari M, Aksit M, Özdoğan M, Basmacıoğlu H, 2002. Effects of addition of flaxseed to diets of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol, and fatty acid composition of yolk. *Archiv für Geflügelkunde* 66(2): 75-79.
- STATA Release, 2012. Stata/IC 12.0 for windows. *Lakeway Drive College Station.*
- Tolik D, Polawska E, Charuta A, Nowaczewski S, Cooper R, 2014. Characteristics of Egg Parts, Chemical Composition and Nutritive Value of Japanese Quail Eggs. *Folia Biologica (Kraków)* 4(62): 287-292.
- Xu J, Nakamura MT, Cho HP, Clark SD, 1999. Sterol regulatory element binding protein-1 expression is suppressed by dietary polyunsaturated fatty acids. A mechanism for the coordinate suppression of lipogenic genes by polyunsaturated fats. *The Journal of Biological Chemistry* 274 :23577-23583.