

Enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3 du jaune d'œuf de cailles (*Coturnix coturnix japonica*) par les graines d'euphorbe (*Euphorbia heterophylla*)

N'Goran David Vincent Kouakou^{1*} Kouadio Frédéric Koffi²
 Cho Euphrasie Monique Angbo-Kouakou^{1,3}
 Gningnini Alain Koné¹ Gouha Firmin Kouassi¹
 Kouakou Ernest Amoikon² Maryline Kouba⁴

Mots-clés

Caille, œuf, acide gras, alimentation des animaux, *Euphorbia heterophylla*, Côte d'Ivoire

Submitted: 21 August 2017
 Accepted: 19 January 2018
 Published: 12 March 2018
 DOI : 10.19182/remvt.31523

Résumé

L'alimentation des cailles (*Coturnix coturnix japonica*) dans les fermes ivoiriennes est basée principalement sur les aliments commerciaux de poules pondeuses. Cependant, cette pratique pourrait nuire à la qualité nutritionnelle des œufs. L'objectif de cette étude était de déterminer l'impact de cet aliment (régime témoin) ou de sa supplémentation avec 5 % de graines d'euphorbe (*Euphorbia heterophylla*) (régime R5) sur le profil en acides gras des jaunes d'œufs de 30 cailles de 172 ± 2 g durant 15 jours. Les résultats ont montré que le régime R5 ne modifiait pas les teneurs en acides gras saturés, en acides gras mono-insaturés et en acides gras polyinsaturés oméga 6 (AGPI n-6) ($p > 0,05$). Cependant, il a induit une amélioration de la teneur en acides gras polyinsaturés oméga 3 (AGPI n-3) ($p < 0,05$) qui était cinq fois plus élevée que celle du régime témoin. Les proportions des acides gras C18:3 n-3, C20:5 n-3 et C22:6 n-3 des jaunes d'œufs issus de R5 ont été multipliées respectivement par 17, 11 et 3. Par ailleurs, le rapport AGPI n-6 / AGPI n-3 était inférieur à 4. Ainsi, l'incorporation de 5 % de graines d'euphorbe dans l'aliment commercial de poules pondeuses a permis d'améliorer la qualité nutritionnelle des œufs de cailles.

■ Comment citer cet article : Kouakou N'G.D.V., Koffi K.F., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouassi G.F., Amoikon K.E., Kouba M., 2018. Enrichment of quail (*Coturnix coturnix japonica*) egg yolks with omega-3 polyunsaturated fatty acids by euphorbia (*Euphorbia heterophylla*) seeds. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (3): 99-103, doi: 10.19182/remvt.31523

■ INTRODUCTION

Les maladies cardiovasculaires sont la première cause de mortalité (31 %) dans le monde (OMS, 2014). Elles tuent deux fois plus que le VIH / SIDA, le paludisme et la tuberculose réunis dans l'ensemble des pays en développement (Abegunde et al., 2007). Parmi les

mesures préventives figurent la consommation régulière d'acides gras polyinsaturés oméga 3 (AGPI n-3), soit l'acide α -linoléique (C18:3 n-3, ALA), l'acide eicosapentaénoïque (C20:5 n-3, EPA) et l'acide docosahexaénoïque (C22:6 n-3, DHA) (Rymer et al., 2010). L'acide α -linoléique est un acide gras essentiel car il n'est pas synthétisé par les animaux et les humains. Quant à l'acide eicosapentaénoïque et l'acide docosahexaénoïque, ils sont obtenus par la succession de désaturations et d'élongations alternées, et d'une β -oxydation de l'ALA. Malheureusement chez les humains le rendement de cette voie métabolique de transformation de l'ALA en ses dérivés AGPI à longue chaîne (AGPI-LC) est faible, contrairement à son rendement chez les poissons, les lapins et les volailles (Mourot, 2010). Aussi, l'enrichissement en AGPI n-3 des œufs de cailles est-il une stratégie alternative pour apporter les AGPI-LC aux humains et prévenir ainsi les maladies cardiovasculaires. A cet effet, la production de ce type d'œufs peut être réalisée en ajoutant des matières premières riches ou enrichies en AGPI n-3 (huile végétale, algues marines, graines de lin [*Linum usitatissimum*] ou graines d'euphorbe [*Euphorbia heterophylla*]) dans l'alimentation des cailles (Kazmierska et al., 2007).

1. Laboratoire de zootechnie et de productions animales, Département agriculture et ressources animales, Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

2. Laboratoire de nutrition et pharmacologie, Unité de formation et de recherche en biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

3. INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France.

4. UMR Pegase, INRA, Saint-Gilles, Rennes, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : + 225 08 39 33 63 ; fax : + 225 30 64 04 06, kwayki@yahoo.fr



Originnaire d'Amérique tropicale et subtropicale, l'euphorbe est une mauvaise herbe présente en Afrique et en Asie. Dans certains pays d'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo et Nigeria), elle peut se développer en peuplement monospécifique, se montrant particulièrement compétitive avec des cultures comme le soja, le niébé, l'arachide et le cotonnier (Ipou et al., 2004). Cependant, les feuilles et les graines de cette euphorbe, dont les teneurs en matière grasse sont respectivement de l'ordre de 7 % et 32 % de la matière sèche, se caractérisent par des teneurs élevées en ALA (plus de 50 % des acides gras totaux). Aussi chez les cobayes et les lapins qui en consomment couramment, cette euphorbe induit-elle une amélioration significative de la teneur en AGPI n-3 de leurs viandes (Kouakou et al., 2013 ; Ahongo et al., 2016). Par ailleurs, l'incorporation de ses graines dans l'alimentation des poules pondeuses conduit à un enrichissement significatif en AGPI n-3 des jaunes d'œufs (Kouakou et al., 2015).

Parmi les œufs de consommation issus des fermes ivoiriennes se trouvent ceux des cailles qui sont de plus en plus prisés par la population en raison de leurs supposées valeurs nutritives et thérapeutiques (Kanga, 2006). Malgré un poids d'œuf de 11 grammes environ, cinq fois plus léger que les œufs de poules pondeuses, les cailles pondeuses sont très appréciées par les éleveurs car elles sont nourries avec le même aliment commercial mais elles consomment trois fois moins que les poules pondeuses (35 g vs 120 g) pour un prix de vente de l'œuf (2000 francs CFA / 30 œufs ; 1 euro = 656 FCFA) et un taux de ponte identiques (Koffi et al., 2016). Cependant, au regard du rapport des acides gras polyinsaturés oméga 6 (AGPI n-6) et GPI n-3 du jaune d'œuf des poules pondeuses alimentées avec l'aliment commercial pendant 28 jours (Kouakou et al., 2015), il importe de déterminer l'impact de cet aliment ou de sa supplémentation en graines de *E. heterophylla* sur le profil en acides gras des jaunes d'œufs de cailles japonaises.

■ MATERIEL ET METHODES

Site expérimental

L'étude a été réalisée au Laboratoire de zootechnie 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 a été de 1100 mm.

Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Les cailles ont été élevées conformément aux normes de bonnes pratiques en expérimentation animale. Trente cailles pondeuses (*Coturnix coturnix japonica*), de six mois d'âge ayant un poids vif moyen de 172 ± 2 g, ont été acquises à la ferme de production de l'INP-HB. Les cailles ont été réparties de manière aléatoire en deux groupes de 15 cailles pondeuses. Un groupe a reçu l'aliment commercial de poules pondeuses à base de graines et de sous-produits de céréales, de produits et de sous-produits de graines oléagineuses, de poissons, de minéraux, d'huile, de lysine et de méthionine (100 %, régime témoin [RC]). Le second groupe a reçu un régime constitué de 95 % du régime témoin RC et de 5 % de graines d'euphorbe (R5) (tableau I). Les cailles de chaque groupe ont été élevées dans trois cages en bois de 0,125 m³ (0,5 m x 0,5 m 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 a été 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. Durant l'essai, les cailles par cage recevaient chaque jour 200 g d'aliment et de 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. A la fin de l'essai, tous les animaux ont été pesés avant d'être abattus (Koffi et al., 2016). Les œufs recueillis au cours des trois derniers jours de l'essai ont été cassés et les jaunes ont été stockés à -8 °C jusqu'à l'analyse.

L'étude économique a été réalisée sur la base du coût de production lié à l'aliment d'un kilogramme d'œuf de caille. Le coût du kilogramme de graines d'euphorbe a été calculé sur la base du gain financier journalier d'un paysan qui est de 1,5 euro pour huit heures de travail. Un paysan récolte en moyenne cinq kilogrammes de graines en huit heures. Le coût du kilogramme de l'aliment commercial de poule pondeuse est de 0,4 euro environ.

Tableau I

Comparaison de régimes alimentaires avec ou sans l'apport de graines d'euphorbe distribués à des cailles

	Régime alimentaire	
	RC	R5
Composition chimique (en % de la matière sèche)		
Matière sèche (%)	91,5	94,32
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	2
Energie métabolisable (kcal/kg MS)*	3390,2	3458,1
Acides gras (mg/g de régimes)	11,9	20,4
Profil en acides gras (% des acides gras totaux)		
C14:0	0,3	0,2
C15:0	0,1	0,1
C16:0	18,5	16,1
C16:1 n-9	0,2	0,1
C16:1 n-7	0,5	0,5
C18:0	4,6	3,7
C18:1 n-9	29,4	20,3
C18:1 n-7	1,1	1,1
C18:2 n-6	42,1	32,1
C18:3 n-3	2,5	25,0
C20:0	0,5	0,5
C20:1 n-9	0,4	0,4
ΣAGS	24,0	20,6
ΣAGMI	31,5	22,4
ΣAGPI	44,5	57,0
C18:2 n-6	42,1	32,1
C18:3 n-3	2,5	25,0
C18:2 n-6 / C18:3 n-3	17,1	1,3

RC : régime témoin, 100 % aliment commercial pour poule pondeuse

R5 : 95 % du régime témoin associé à 5 % de graines de *Euphorbia heterophylla*

ΣAGS : somme des acides gras saturés ; ΣAGMI : somme des acides gras mono-insaturés ; ΣAGPI : somme des acides gras polyinsaturés

* Valeur calculée selon la formule de Sibbald (Kenfack et al., 2006)

Lipides totaux et profils en acides gras

Les teneurs en matières minérales, protéines brutes, matière grasse, cellulose brute, calcium et phosphore des différents régimes expérimentaux ont été déterminées selon les recommandations de l'AOAC (2011). Les lipides des jaunes d'œufs ont été extraits selon la technique de Delsal (1944). Les profils en acides gras des aliments expérimentaux et des jaunes d'œufs ont été déterminés selon la technique de Morrison et Smith (1964) par chromatographie en phase gazeuse au Laboratoire de biochimie-nutrition humaine d'Agrocampus Ouest à Rennes, France.

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/IC version 12.0.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Profils en acides gras des régimes alimentaires

La composition chimique des régimes alimentaires est présentée dans le tableau I. Leurs profils en acides gras étaient très différents. Les teneurs en acide palmitique (C16:0), en acide oléique (C18:1 n-9) et en acide linoléique (C18:2 n-6, LA) de l'aliment commercial de poules pondeuses ont été respectivement de 15,6 %, 44,8 % et 31,2 % plus élevées que celles du régime R5. A l'inverse, la teneur en ALA était 10 fois plus faible dans le régime R5. Aussi, le ratio LA/ALA du régime témoin (17,1) a été élevé par rapport aux normes qui sont de l'ordre de 2 ou 1,1 respectivement pour des aliments pour poules pondeuses modérément ou très enrichis en AGPI n-3 (Nain et al., 2012).

Ingestion alimentaire et production d'œufs

L'ingestion du régime R5 par les cailles n'a pas significativement modifié leurs poids vifs ni la consommation journalière ($p > 0,05$) (tableau II). De même le poids moyen des œufs et du jaune d'œuf n'a pas été affecté par l'ingestion du régime R5 ($p > 0,05$). L'absence de différence significative entre les régimes sur ces paramètres dans la présente étude est conforme aux résultats de nombreuses études (Augustyn et al., 2006 ; Rowghani et al., 2007). Par ailleurs, la chute de ponte (non significative), observée chez les animaux ayant reçu le régime R5, pourrait être due à la présence de facteurs antinutritionnels dans les graines d'euphorbe (Kouakou et al., 2015). Aussi, l'effet de la réduction des facteurs antinutritionnels des graines d'euphorbe par cuisson-extrusion à l'instar des graines de lin ou de soja en France, devrait être étudié (Skiba et al., 2002). L'étude économique a révélé que la supplémentation du régime témoin par 5 % de graine d'euphorbe induisait une augmentation de 16,2 % du coût de production lié à l'aliment d'un kilogramme d'œuf de caille, essentiellement due à la réduction non significative du taux de ponte (tableau II).

Lipides totaux et profils en acides gras du jaune d'œuf

Les teneurs en lipides totaux du jaune d'œuf 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 d'œuf de caille s'expliquerait par le fait que les enzymes de la lipogénèse ne sont pas affectés par la nature du régime alimentaire (Benatmane, 2012). Des résultats identiques ont été observés par Augustyn et al. (2006), et Kouakou et al. (2015) qui ont incorporé respectivement 15 % de graines de lin et d'euphorbe dans le régime de poules pondeuses.

Le régime R5 n'a pas modifié significativement les teneurs des acides gras saturés et des acides gras mono-insaturés ($p > 0,05$). Cependant, ce régime a induit une augmentation de la teneur en acides gras

Tableau II

Caractéristiques zooéconomiques des cailles, caractéristiques physiques et coût de production de leurs œufs avec ou sans apport de graines d'euphorbe dans le régime

	Régime alimentaire		Effet du régime
	RC (n = 15)	R5 (n = 15)	
Poids des cailles à 2 semaines (g)	199,3 ± 15,8	191,1 ± 17,0	0,28
Poids des cailles 4 semaines (g)	199,3 ± 15,9	191,9 ± 17,1	0,96
Consommation moyenne (g)	33,5 ± 2,7	33,7 ± 2,2	0,92
Taux de ponte (%)	98,0 ± 10,9	82,0 ± 4,5	0,18
Poids moyen des œufs (g)	10,0 ± 0,5	10,2 ± 0,9	0,42
Poids moyen du jaune (g)	4,0 ± 0,4	4,1 ± 0,5	0,97
Coût de production d'un kilogramme d'œufs lié à l'aliment			
	100% RC	95% RC	5% E. h.
Quantité d'aliments (kg)	1	0,95	0,05
Coût du kg (€)	0,4	0,38	0,015
Coût total aliment / kg (€)	0,4	0,395	
Indice de consommation	3,4	4,0	
Coût de production (€)	1,36	1,58	

RC : régime témoin, 100 % aliment commercial pour poule pondeuse

R5 : 95 % du régime témoin associé à 5 % de graines de *Euphorbia heterophylla* (E. h.)

Moyenne ± écart-type ; 1 euro = 656 F CFA

polyinsaturés ($p < 0,01$). La teneur des AGPI n-6 n'a pas été affectée par l'incorporation de 5 % de graines d'euphorbe, contrairement aux AGPI n-3 dont la teneur a été cinq fois plus importante que dans le régime RC ($p < 0,05$). Les teneurs en ALA, EPA et DHA du jaune d'œuf issu du régime R5 ont été multipliées respectivement par 17, 11 et 3. Une augmentation comparable des teneurs en EPA et DHA a été rapportée par Kouakou et al. (2015) chez les poules pondeuses.

Le régime R5 a conduit à une diminution du rapport Σ AGPI n-6 / Σ AGPI n-3 (14 pour le régime témoin contre 3 pour le régime R5) ($p < 0,05$) (tableau III). Ce ratio a été inférieur à celui de 4 rapporté par Kazmierska et al. (2007) qui ont utilisé comme source d'enrichissement en AGPI n-3 un mélange de 1 % d'huile de lin et de 0,5 % d'huile de poisson dans l'alimentation des cailles pendant trois mois. Ces résultats ont été en accord avec les recommandations nutritionnelles qui suggèrent un ratio Σ AGPI n-6 / Σ AGPI n-3 inférieur à 4 (ANSES, 2011). Ils confirment, par ailleurs, l'intérêt nutritionnel de la supplémentation en graines d'euphorbe du régime des cailles dans le but d'améliorer la qualité nutritionnelle de leurs œufs. Aussi, le prix de vente certainement plus élevé de ce type d'œuf permettra-t-il aux producteurs d'obtenir une marge financière satisfaisante, et ce, malgré l'augmentation constatée du coût de production lié à l'aliment.

■ CONCLUSION

Cette étude montre pour la première fois que l'incorporation de graines d'euphorbe (*Euphorbia heterophylla*) dans le régime alimentaire des cailles, basé essentiellement sur l'aliment commercial en Côte d'Ivoire, pourrait être une stratégie alternative pour apporter les AGPI-LC aux humains dans les régions du monde où cette plante est présente et non encore valorisée. Ainsi, les produits animaux pourraient contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires, une cause majeure de décès dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Toutefois, il importe que des études complémentaires de longue durée soient entreprises afin d'évaluer l'impact de cet apport en graines d'euphorbe sur un nombre plus important de cailles.

Remerciements

Les auteurs remercient Prof. Philippe Legrand et Dr Daniel Catheline pour leurs contributions techniques et la Direction générale de l'INP-HB pour sa contribution institutionnelle.

REFERENCES

- Abegunde D.O., Mathers C.D., Adam T., Ortegón M., Strong K., 2007. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. *Lancet*, **370**: 1929-1938, doi: 10.1016/S0140-6736(07)61696-1
- Ahongo Y.D., Kouakou N.D.V., Angbo C.E.M., Assidjo E.N., Kouba M., 2016. Effect of a diet supplemented with *Euphorbia heterophylla* on lipid parameters in the thighs of rabbits. In: Abstracts 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Belfast, UK, 29 Aug.-2 Sept. Wageningen Academic Publishers, Netherlands, doi: 10.3920/978-90-8686-830-8
- ANSES, 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. ANSES, Maisons-Alfort, France, 327 p.
- AOAC, 2011. Official methods of analysis of AOAC International, 18th Edn (Ed. Horowitz W.). AOAC International, Gaithersburg, MD, USA
- Augustyn R., Barteczko J., Smulikowska S., 2006. The effect of feeding regular or low α -linolenic acid linseed on laying performance and total cholesterol content in eggs. *J. Anim. Feed Sci.*, **15** (suppl. 1): 103-106, doi: 10.22358/jafs/70153/2006
- Benatmane F., 2012. Impact des aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes. Thèse Doct., Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 172 p.

Tableau III

Teneurs en lipides et profil en acides gras (AG) du jaune d'œuf de cailles avec ou sans apport de graines d'euphorbe dans le régime

	Régime alimentaire		Effet du régime
	RC	R5	
Matière sèche du jaune (%)	47,5 ± 12,8	41,2 ± 18,8	0,68
Lipides totaux (% MS)	25,0 ± 7,1	25,0 ± 7,1	0,56
AG (mg/g de jaune sec)	141,0 ± 17,2	149,8 ± 19,8	0,39
Acides gras, % des AG totaux			
C14:0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,28
C14:1 n-5	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,67
C15:0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,27
C16:0	25,1 ± 0,1	23,8 ± 1,0	0,23
C16:1 n-9	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,45
C16:1 n-7	3,5 ± 0,3	3,1 ± 0,2	0,22
C17:1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,39
C18:0	10,5 ± 0,2	11,3 ± 0,0	0,04
C18:1 trans	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,29
C18:1 n-9	41,8 ± 0,1	39,4 ± 1,2	0,11
C18:1 n-7	2,5 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,06
C18:2 n-6	11,2 ± 0,4	12,6 ± 0,6	0,09
C18:3 n-6	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,75
C18:3 n-3	0,1 ± 0,0	2,1 ± 0,7	0,06
C20:1 n-9	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,24
C20:3 n-3	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,01
C20:3 n-6	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,67
C20:4 n-6	2,1 ± 0,1	1,6 ± 0,2	0,12
C20:5 n-3	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,02
C22:4 n-6	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,00
C22:5 n-6	0,6 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,01
C22:5 n-3	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,02
C22:6 n-3	0,6 ± 0,1	2,0 ± 0,2	0,01
Σ AGS	36,1 ± 0,3	35,6 ± 1,1	0,56
Σ AGMI	48,9 ± 0,3	45,5 ± 1,1	0,06
Σ AGPI	12,8 ± 0,5	17,3 ± 0,3	0,01
Σ AGPI n-6	12,0 ± 0,4	12,9 ± 0,6	0,21
Σ AGPI n-3	0,9 ± 0,1	4,4 ± 0,9	0,03
Σ AGPI n-6 / Σ AGPI n-3	14,0 ± 1,5	3,0 ± 0,7	0,01

RC : régime témoin, 100 % aliment commercial pour poule pondeuse

R5 : 95 % du régime témoin associé à 5 % de graines de *Euphorbia heterophylla*

Σ AGS : somme des acides gras saturés (C14:0 + C15:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0)

Σ AGMI : somme des acides gras mono-insaturés (C14:1 + C16:1 + C18:1 + C20:1)

Σ AGPI : somme des acides gras polyinsaturés (Σ AGPI n-3 + Σ AGPI n-6)

Σ AGPI n-3 : somme des acides gras polyinsaturés n-3 (C18:3 + C18:4 + C20:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6)

Σ AGPI n-6 : somme des acides gras polyinsaturés n-6 (C18:2 + C18:3 + C20:2 + C20:4 + C22:4)

- Delsal L., 1944. A new procedure for extraction of serum lipids with methylal. Application to microdetermination of total cholesterol, phosphoaminolipids and proteins. *Bull. Soc. Chem. Biol.*, **26**: 99-105
- Ipou I.J., Marmotte P., Kadio G.A., Aké S., Touré Y., 2004. Influence de quelques facteurs environnementaux sur la germination de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae). *Tropicicultura*, **22** (4): 176-179
- 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. In : Atelier de lancement Projet FAO/CILSS/UEMOA, Bamako, Mali, 23-26 janv. 2006
- Kazmierska M., Korzeniowska M., Trziszka T., Jarosz B., 2007. Effect of fodder enrichment with PUFAs on quail eggs. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, **57** (4B): 281-284, doi: 10.2478/v10222-12-0059-3
- Kenfack A., Tchoumboué J., Kamtchouing P., Ngoula F., 2006. Effets de la substitution par l'arachide fourragère (*Arachis glabrata*) de l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) sur le nombre d'ovulations et les mortalités prénatales chez le cobaye (*Cavia porcellus* L) adulte. *Tropicicultura*, **24** (3): 143-146.
- Koffi K.F., Kouakou N.D.V., Angbo-Kouakou C.E.M., Kouassi G.F., Koné G.A., Amoikon K.E., Kouba M., 2016. 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. *J. Appl. Biosci.*, 101: 9610-9617, doi : 10.4314/jab.v101i1.9
- Kouakou N.D.V., Grongnet J.-F., Assidjo E.N., Thys E., Marnet P.-G., Catheline D., Legrand P., Kouba M., 2013. Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.). *Meat Sci.*, **93** (4): 821-826, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.036
- Kouakou N.D.V., Traoré G.C.M., Angbo C.E.M., Kouamé K.B., Adima A.A., Assidjo N.E., 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. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **9** (4): 1902-1909, doi : 10.4314/ijbcs.v9i4.15
- Morrison W.R., Smith L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Lipid Res.*, **5** (4): 600-608
- Mourot J., 2010. Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour la viande de porcs et autres monogastriques ? *Ol. Corps Gras Lipides*, **17** (1): 37-42, doi : 10.1051/ocl.2010.0289
- Nain S., Renema R.A., Korver D.R., Zuidhof M.J., 2012. Characterization of the n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment in laying hens fed an extruded flax enrichment source. *Poult. Sci.*, **91** (7): 1720-1732, doi: 10.3382/ps.2011-02048
- OMS, 2014. Cardiovascular diseases. Global status report on noncommunicable diseases, www.who.int/cardiovascular_diseases/fr/ (consulté 30-09-2015)
- Rowghani E., Arab M., Nafizi S., Bakhtiari Z., 2007. Effect of canola oil on cholesterol and fatty acid composition of egg-yolk of laying hens. *Int. J. Poult. Sci.* **6** (2): 111-114, doi: 10.3923/ijps.2007.111.114
- Rymer C., Gibbs R.A., Givens D.I., 2010. Comparison of algal and fish sources on the oxidative stability of poultry meat and its enrichment with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poult. Sci.*, **89** (1): 150-159, doi: 10.3382/ps.2009-00232
- Skiba F., Noblet J., Callu P., Evrard J., Melcion J.P., 2002. Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance. *Journ. Rech. Porc.*, **34** : 67-73

Summary

Kouakou N'G.D.V., Koffi K.F., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouassi G.F., Amoikon K.E., Kouba M. Enrichment of quail (*Coturnix coturnix japonica*) egg yolks with omega-3 polyunsaturated fatty acids by euphorbia (*Euphorbia heterophylla*) seeds

The feeding of quails (*Coturnix coturnix japonica*) in farms of Cote d'Ivoire is mainly based on the commercial feed for laying hens. However, this practice could affect the nutritional quality of eggs. The aim of this study was to determine the impact of this diet (used as control), or its supplementation with 5% euphorbia (*Euphorbia heterophylla*) seeds (D5 diet) on the fatty acid profile of egg yolks of 30 quails of 172 ± 2 g for 15 days. The results showed that the D5 diet did not affect saturated fatty acids, mono-unsaturated fatty acids, and omega-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA n-6) ($p > 0.05$). However, it improved omega-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA n-3) contents ($p < 0.05$) which were five times higher than those of the control diet. The proportions of C18:3 n-3, C20:5 n-3 and C22:6 n-3 fatty acids in the yolks of D5 eggs were multiplied by 17, 11 and 3, respectively. In addition, the ratio of PUFA n-6 / PUFA n-3 was less than 4. Thus, the incorporation of 5% euphorbia seeds into the commercial feed of laying hens improved the nutritional quality of quail eggs.

Keywords: quail, egg, fatty acid, animal feeding, *Euphorbia heterophylla*, Cote d'Ivoire

Resumen

Kouakou N'G.D.V., Koffi K.F., Angbo-Kouakou C.E.M., Koné G.A., Kouassi G.F., Amoikon K.E., Kouba M. Enriquecimiento de yemas de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) con ácidos grasos omega-3 poliinsaturados por semillas de euphorbia (*Euphorbia heterophylla*)

La alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) en fincas de Costa de Marfil se basa principalmente en alimento comercial para gallinas ponedoras. Sin embargo, esta práctica podría afectar la calidad nutricional de los huevos. El objetivo del presente estudio fue de determinar el impacto de esta dieta (utilizada como control), o su suplementación con 5% de semillas (dieta D5) de euphorbia (*Euphorbia heterophylla*), en el perfil de ácidos grasos de las yemas de 30 codornices, de 172 ± 2 g, durante 15 días. Los resultados muestran que la dieta D5 no afectó los ácidos grasos saturados, ácidos grasos mono insaturados (AGMI) y ácidos grasos omega-6 poliinsaturados (AGPI n-6) ($p > 0,05$). Sin embargo, mejoró el contenido de ácidos grasos omega-3 poliinsaturados (AGPI n-3) ($p < 0,05$), que fueron cinco veces más elevados que en la dieta control. Las proporciones de ácidos grasos C18:3 n-3, C20:5 n-3 y C22:6 n-3 en las yemas de los huevos de dieta D5 fueron multiplicados por 17, 11 y 3 respectivamente. Adicionalmente, la proporción de AGPI n-6 / AGPI n-3 fue menor de 4. Por lo tanto, la incorporación de 5% de semillas de euphorbia en el alimento comercial de gallinas ponedoras mejoró la calidad nutricional de los huevos de codorniz.

Palabras clave: codorniz, huevo, ácido graso, alimentación de los animales, *Euphorbia heterophylla*, Cote d'Ivoire

