

**EFFET DE DIFFERENTES SOURCES ALIMENTAIRES EN ACIDES GRAS N-3
SUR LES PERFORMANCES DE PONTE ET LA QUALITE TECHNOLOGIQUE,
NUTRITIONNELLE ET SENSORIELLE DES ŒUFS**

**Chartrin Pascal¹, Baéza Elisabeth¹, Lessire Michel¹, Méteau Karine²,
Chesneau Guillaume³, Guillevic Mathieu³, Mourot Jacques⁴**

¹ INRA, UR 83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France

² INRA, UE 1206 Elevage Alternatif et Santé des Monogastriques, Domaine du Magneraud,
F-17700 Saint-Pierre d'Amilly, France

³ Valorex, La Messayais, F-35210 Combourtille, France

⁴ INRA, UMR 1348 PEGASE, F-35590 Saint-Gilles, France

chartrin@tours.inra.fr

RESUME

L'objectif de cette étude était d'augmenter la teneur en acides gras (AG) n-3 des œufs sans altérer leurs propriétés sensorielles et/ou technologiques ni les performances de ponte des poules. Des poules pondeuses de souche 477 ont été réparties en 5 lots correspondant à 5 types d'aliment pour le début de la période de ponte: témoin (T), contenant des graines de lin extrudées riches en fibres (GLE), des graines de lin extrudées à faible teneur en fibres (GLDP), des microalgues (MA) ou une association de 75% GLDP et 25% MA (GLDP+MA). L'enrichissement en AG n-3 du régime alimentaire n'a pas eu d'effet sur les performances de ponte, le poids vif des poules et la viscosité du blanc d'œuf. Les poules nourries avec l'aliment contenant des microalgues ont produit des œufs dont le jaune était plus rouge et plus foncé suggérant la présence de pigments rouges dans la préparation de microalgues. Néanmoins, la faible différence de coloration avec les autres lots n'est en principe pas perceptible par l'œil humain. La mesure avec l'échelle DSM de la coloration du jaune d'œuf par les jurés d'analyse sensorielle n'a effectivement pas mis en évidence d'effet de l'aliment sur ce paramètre. La teneur en lipides des œufs n'est pas affectée non plus par le traitement alimentaire. Les œufs des poules alimentées avec les régimes contenant des graines de lin et/ou des microalgues sont bien enrichis en AG n-3 (teneur X 2,5 à 2,9 par rapport au témoin, P < 0,001). Avec les graines de lin, c'est essentiellement la teneur en acide linoléique qui est accrue (X 3,0 à 3,4 par rapport au témoin, P < 0,001) et avec les microalgues, c'est surtout la teneur en AG n-3 à longues chaînes qui est augmentée (X 4,1 par rapport au témoin, P < 0,001). La source alimentaire en lipides n'a pas eu d'effet sur la qualité sensorielle des œufs cuits à la coque à l'exception du critère « flaveur anormale » dont la note est plus élevée pour le lot MA avec un qualificatif de flaveur de poisson.

ABSTRACT

Effect of different dietary sources of n-3 fatty acids on the laying performance and technological, nutritional and sensorial quality of eggs

The aim of this study was to increase the content of n-3 fatty acids (FA) of eggs without affecting their sensorial and/or technological properties or the laying performance of hens. Laying hens 477 were distributed into 5 groups corresponding to 5 different diets for the laying period: control (T), containing extruded linseeds exhibiting high level of fibres (GLE), extruded linseeds exhibiting low level of fibres (GLDP), microalgae, or an association of 75% GLDP and 25% MA (GLDP+MA). The dietary enrichment with n-3 FA had no effect on the laying performance, the body weight of hens and the viscosity of egg white. The yellow part of eggs produced by hens fed with diet containing microalgae was redder and darker than that of eggs from the other groups suggesting the presence of red pigments in the microalgae preparation. However, the colour difference was low and not perceptible by the human eye. Actually, the colour measurement with DSM scale of yellow egg by panellists of sensorial analysis did not put in evidence a diet effect on this parameter. The lipid content of eggs was not affected by the diets. The eggs of hens fed diets containing linseeds and/or microalgae had greater n-3 FA content (X 2.5 to 2.9 in comparison with group T, P < 0.001). The linseeds mainly increased the content in linolenic acid (X 3.0 to 3.4 in comparison with group T, P < 0.001) and the microalgae increased the content in LC n-3 FA (X 4.1 in comparison with group T, P < 0.001). The dietary enrichment with n-3 FA had no effect on the sensorial quality of eggs cooked in the shell except for the criterion "abnormal flavour" which score was higher for MA group compared to the other groups and corresponding to a fish flavour.

INTRODUCTION

Dans les pays occidentaux, l'apport journalier en acides gras (AG) n'est pas satisfaisant car le ratio des AG n-6/AG n-3 est voisin de 15 alors que l'ANSES recommande une valeur de 5. Afin d'accroître l'apport journalier en AG n-3 plusieurs démarches ont été entreprises visant toutes l'augmentation de la teneur en ces AG dans les différents aliments consommés quotidiennement (pain, produits laitiers, viandes, charcuteries, œufs) évitant des modifications trop importantes et définitives des habitudes alimentaires comme par exemple d'augmenter fortement la consommation de poissons gras au détriment de celle des produits carnés et laitiers. L'enrichissement des œufs avec des acides gras n-3 (AG n-3) a fait l'objet de nombreuses études. L'utilisation d'huiles de poissons riches en acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI LC) est le moyen le plus efficace (Farrell, 1998 ; Baucells et al., 2000 ; Gonzalez-Esquerra et Leeson, 2000 ; Lawlor et al., 2010). Cependant, l'utilisation d'huiles de poissons à des concentrations supérieures à 1,5% dans les aliments pour poules peut altérer la qualité sensorielle des œufs et accroître leur sensibilité à l'oxydation (Gonzalez-Esquerra et Leeson, 2000). De plus, leur coût est élevé et les ressources marines ne cessent de diminuer. Les huiles de poisson peuvent être remplacées par des microalgues (Nitsan et al., 1999 ; Lemahieu et al., 2013). Il est possible aussi d'utiliser des huiles de lin ou de colza qui sont riches en acide linoléique, bien que dans ce cas, la proportion des AGPI LC déposés dans les œufs reste faible (Scheideler et Froning, 1996 ; Meluzzi et al., 2001). Afin de valoriser au mieux ces différentes matières premières, les effets d'un apport alimentaire en graines de lin associées à des microalgues sur les performances de ponte et la qualité nutritionnelle, technologique et sensorielle des œufs de poules ont été évalués. Cette modalité a été comparée avec un aliment témoin faiblement pourvu en AG n-3 et des aliments contenant uniquement des microalgues ou des graines de lin.

1. MATERIELS ET METHODES

Dispositif expérimental

Deux cents poules 477 (Novoponte, Guilberville, France) ont été mises en place en cages individuelles à l'âge de 21 semaines à l'unité expérimentale (PEAT) de l'INRA de Nouzilly (France). Elles ont été distribuées en 5 lots de 40 poules correspondant à 5 régimes ponte : un régime témoin (T) contenant de l'huile de soja, des régimes expérimentaux contenant des graines de lin extrudées riches en fibres (GLE incorporées à 3,8%), des graines de lin extrudées à faible teneur en fibres (GLDP incorporées à 4,1%), des microalgues (MA incorporées à 2,9%) ou une

association de 75% GLDP et de 25% MA (GLDP+MA incorporées à 3,9%). Les graines de lin ont été fournies par la société Valorex (Combournill, France) et les microalgues (DHA Gold™, Schizochytrium sp.) par la société DSM (Courbevoie, France). Les teneurs en fibres alimentaires totales de GLE et GLDP étaient respectivement de 226 et 155 g/kg. Les 5 aliments étaient isoénergétiques (11,8 MJ EM/kg) et isoprotéiques (17,0%). Les poules ont été pesées aux âges de 22 et 33 semaines. La consommation alimentaire a été mesurée par périodes de 4 semaines. Les performances de ponte ont été suivies de 21 à 33 semaines en notant pour chaque poule et chaque jour, le nombre d'œufs pondus et le poids des œufs (moyenne par poule et par semaine sur 4 jours de collecte).

Evaluation de la qualité des œufs

De 25 à 31 semaines, les œufs d'une journée de ponte ont été collectés chaque semaine. Les unités Haugh qui permettent d'estimer la viscosité du blanc épais ont été déterminées à partir de la mesure du poids de l'œuf et de la hauteur du blanc épais avec un micromètre tripode (Sauveur, 1988). La couleur du jaune d'œuf a été mesurée avec un spectrophotomètre dans le système CIE L*, a*, b*. La teneur en lipides totaux et la composition en acides gras a été déterminée chaque semaine sur 3 pools de 5 jaunes d'œufs pour chacun des lots (Chartrin et al., 2005). A 27 et 32 semaines au moins 80 œufs par lot ont été collectés pour effectuer une analyse sensorielle (lots T, GLDP, GLDP+MA et MA) après une cuisson à la coque (5 min et 15 s pour un œuf de 60 g). Les 12 jurés ont noté tout d'abord sur l'œuf entier les odeurs globale et anormale. Sur le blanc d'œuf, ils ont évalué la fermeté et les saveurs globale et anormale. Sur le jaune d'œuf, la couleur a été estimée avec l'échelle Roche. Puis les jurés ont noté la viscosité, les saveurs globale et anormale et les goûts sucrés et amers. Une note d'appréciation personnelle a également été attribuée à chaque échantillon. A l'exception de la couleur, l'ensemble des notations a été réalisée sur une échelle continue de 0 à 10.

Analyse statistique

Les résultats de qualité sensorielle ont été testés par analyse de variance (logiciel Minitab) en comparant les lots avec un test de Tukey. Tous les autres résultats ont été soumis à une analyse de variance (logiciel Statview) en comparant les lots avec un test de t. Le seuil de signification est $P < 0,05$.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'enrichissement en AG n-3 du régime alimentaire n'a pas eu d'effet sur les **performances de ponte** (Figure 1) et le **poids vif** des poules ($P > 0,05$). Les études

concernant l'utilisation de graines de lin ou de microalgues dans l'alimentation des poules sont assez contradictoires et rapportent soit des effets négatifs, soit des effets positifs, soit aucun effet sur les performances de ponte (cf. revue de Fraeye et al., 2012). Cela pourrait être dû à des traitements technologiques préalables de ces matières premières différents et des taux d'incorporation dans les aliments très variables selon les études.

Dans notre étude, les **unités Haugh** n'ont pas été affectées par le traitement alimentaire (Tableau 1). Les poules nourries avec l'aliment contenant des microalgues ont produit des œufs dont le jaune était plus rouge (Tableau 1) suggérant la présence de pigments rouges dans la préparation de microalgues. Les microalgues sont en général riches en caroténoïdes (Fraeye et al., 2012). Cependant, la faible différence de coloration avec les autres lots n'est en principe pas perceptible par l'œil humain. La mesure avec l'échelle Roche de la **coloration du jaune d'œuf** par les jurés d'analyse sensorielle n'a effectivement pas mis en évidence d'effet de la source alimentaire en lipides sur ce paramètre.

La **teneur en lipides** des jaunes d'œufs n'est pas affectée par le traitement alimentaire (Tableau 1). Le lot MA présente une teneur en AGS supérieure et une teneur en AGPI inférieure à celle des autres lots (Tableau 1). Les œufs des poules alimentées avec les régimes contenant des graines de lin et/ou des microalgues sont bien enrichis en **AG n-3** (teneur X 2,5 à 2,9 par rapport au témoin). Avec les graines de lin, c'est surtout la teneur en acide linoléique qui est accrue (X 3,0 à 3,4 par rapport au témoin). Ceci confirme bien les études précédentes rapportées par Fraeye et al. (2012). Cependant, au vu du niveau élevé en AG n-3 dans les aliments GLE et GLDP, la quantité d'AG n-3 LC déposée dans les jaunes d'œufs est faible. Lopez-Ferrer et al. (2001b) ont démontré que les poulets étaient capables de convertir l'acide linoléique en AGPI n-3 LC (EPA, DPA, DHA) mais la majeure partie reste stockée dans le foie au détriment du dépôt dans les tissus périphériques. Cela doit probablement être le cas aussi pour les poules poudeuses avec un moindre dépôt dans les œufs. L'augmentation de la teneur en acide linoléique dans l'aliment a diminué le dépôt de C20:4 n-6 et C22:4 n-6 et accru le dépôt de C20:5 n-3, C22:5 n-3 et C22:6 n-3 dans les œufs illustrant la compétition pour les désaturases impliquées dans la synthèse des AGPI LC à partir du C18:2 n-6 et du C18:3 n-3 (Lessire, 2001). Avec les microalgues, c'est essentiellement la teneur en AG n-3 LC qui est augmentée (X 4,1 par rapport au témoin). Le lot GLDP+MA présente des teneurs intermédiaires pour les différentes catégories d'AG n-3. Enfin, le ratio n-6/n-3 n'excède pas 5 uniquement dans les œufs des lots MA et GLDP+MA, limite recommandée pour la santé humaine (Givens et al., 2006). Dans les différentes études rapportées par Fraeye et al. (2012), la teneur en AG n-3 LC des œufs

était multipliée par 3,8 à 7,0 dans le lot recevant des microalgues avec des taux d'incorporation variables par comparaison avec le lot témoin. L'association des microalgues avec les graines de lin a permis un dépôt deux fois plus efficace des AG n-3 LC dans les œufs par comparaison avec le lot MA (Tableau 2). Il est probable que cela soit le résultat du dépôt direct dans les œufs des AG n-3 LC fournis par les microalgues additionné de la néosynthèse hépatique de ces AG à partir de l'acide linoléique fourni par les graines de lin. Le lot témoin présente l'efficacité de dépôt en AG n-3 totaux la plus élevée. L'efficacité du dépôt en AG n-3 totaux est également supérieure dans le lot GLE comparé au lot GLDP. En prenant en compte un poids moyen d'œuf de 60 g dont 17,4 g de jaune, les œufs du lot MA pourraient être qualifiés de « riches en AG n-3 » car la consommation d'un œuf de ce lot permet un apport de 0,14 g de DHA et de 87 kcal par jour soit 0,23 g de DHA pour 100 g et 0,16 g de DHA pour 100 kcal.

L'enrichissement en AG n-3 du régime alimentaire n'a pas eu d'effet sur la **qualité sensorielle** des œufs cuits à la coque à l'exception du critère « flaveur anormale » dont la note est plus élevée pour le lot MA (1,23 vs. 0,68 pour le lot témoin, $P < 0,05$) avec un qualificatif de flaveur de poisson. Des essais d'incorporation de microalgues de 2 à 4,8% dans l'aliment n'ont pas mis en évidence d'effet sur la qualité sensorielle des œufs (Fraeye et al., 2012). Par ailleurs, la teneur élevée en pigments caroténoïdes des microalgues limiterait la sensibilité à l'oxydation des œufs. Un effet négatif de l'utilisation des graines de lin sur la qualité sensorielle des œufs a été rapporté mais pour un taux d'incorporation dans l'aliment supérieur à 10% (Fraeye et al., 2012).

CONCLUSION

L'augmentation notable de la proportion d'acides gras n-3 dans les régimes expérimentaux (X 3,2 à 4,5 par rapport au témoin) n'a pas eu d'effet sur les performances de ponte et le poids vif des poules. La qualité nutritionnelle des œufs a été améliorée (teneur plus élevée en AG n-3) tandis que la qualité technologique n'était pas affectée. Les deux sources d'acide linoléique (GLDP et GLE) ont accru la teneur en AG n-3 des œufs dans les mêmes proportions. Afin d'éviter l'effet délétère des microalgues sur les caractéristiques sensorielles des œufs, il est préférable de limiter leur taux d'incorporation dans l'aliment et de les associer avec des graines de lin pour conserver une teneur élevée en AG n-3 LC.

REMERCIEMENTS

Cette étude a reçu le soutien financier de l'ANR (projet Agralid, ANR 12-ALID-003, 2013-2016).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Baucells, M.D., Crespo, N., Barroeta, A.C., Lopez-Ferre, S., Grashorn, M.A., 2000. *Poult. Sci.* 79 : 51-59.
2. Chartrin, P., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Quentin, M., Baéza, E., 2005. *Arch. Geflügelk.* 69 (5) : 219-225.
3. Farrell, D.J., 1998. *Am. J. Clin. Nutr.* 68 (3) : 538-544.
4. Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., Foubert I., 2012. *Food Res. Intern.* 48 : 961-969.
5. Givens, D.I., Kliem, K.E., Gibbs, R.A., 2006. *Meat Sci.* 74 : 209-218.
6. Gonzales-Esquerria, R., Leeson, S., 2000. *Poult. Sci.* 79 : 1597-1602.
7. Lawlor, J.B., Gaudette, N., Dickson, T., Houe, J.D., 2010. *Anim. Feed Sci. Technol.* 156 : 97-103.
8. Lemahieu, C., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Koenraad, M., Buyse, J., Foubert I., 2013. *Food Chem.* 141 : 4051-4059.
9. Lessire, M., 2001. *INRA Prod. Anim.* 14 (5) : 365-370.
10. Meluzzi, A., Sirri, F., Tallarico, N., Franchini, A., 2001. *Arch. Geflügelk.* 65 : 207-213.
11. Nitsan, Z., Mokady, S., Sukenik, A., 1999. *J. Agric. Food Chem.* 47 : 5127-5132.
12. Sauveur, B., 1988. *Reproduction des volailles et production d'œufs.* INRA, Paris, France : 377-436.
13. Scheideler, S.E., Froning, G.W., 1996. *Poult. Sci.* 75 : 1221-1226.

Tableau 1 - Effet de différentes sources alimentaires en acides gras n-3 sur la qualité technologique et nutritionnelle des œufs de poules

Lots	GLDP	GLDP+MA	GLE	MA	Témoin	SEM	Effet lot
Unités Haugh ¹	87,6	85,8	88,9	87,0	86,5	3,3	0,51
L* ¹	55,0	54,9	54,4	53,8	54,5	0,8	0,11
a* ¹	7,7 b	8,2 ab	7,8 b	8,4 a	8,0 ab	0,5	0,05
b* ¹	49,0	49,7	49,5	49,1	49,1	0,9	0,66
Teneur en lipides ²	32,1	33,0	33,2	32,3	30,1	4,1	0,16
AGS ³	32,97 d	33,47 c	33,25 cd	35,25 a	34,01 b	0,75	0,0001
AGMI ³	48,10 a	47,99 a	47,04 b	47,99 a	47,95 a	1,08	0,02
AGPI ³	18,93 b	18,54 b	19,72 a	16,76 c	18,04 b	0,92	0,0001
C18:2 n-6 ³	14,88 b	14,26 c	15,56 a	12,35 d	14,92 b	0,66	0,0001
C20:4 n-6 ³	1,19 b	1,02 c	1,27 b	0,87 d	1,68 a	0,20	0,0001
C22:4 n-6 ³	0,05 e	0,12 c	0,08 d	0,27 b	0,30 a	0,05	0,0001
C18:3 n-3 ³	1,61 a	1,42 b	1,60 a	0,54 c	0,47 c	0,21	0,0001
C20:5 n-3 ³	0,04 c	0,07 b	0,04 c	0,11 a	0,01 d	0,03	0,0001
C22:5 n-3 ³	0,13 ab	0,11 b	0,14 a	0,11 b	0,07 c	0,02	0,0001
C22:6 n-3 ³	1,04 c	1,56 b	1,03 c	2,50 a	0,60 d	0,24	0,0001
AG n-6 ³	16,11 b	15,39 c	16,91 a	13,49 d	16,91 a	0,72	0,0001
AG n-3 ³	2,82 b	3,16 a	2,81 b	3,27 a	1,13 c	0,30	0,0001
EPA+DPA+DHA ³	1,21 c	1,74 b	1,21 c	2,73 a	0,66 d	0,26	0,0001
AG n-6/n-3	5,72 b	4,90 c	6,20 b	4,20 d	15,20 a	0,86	0,0001

^{a-c} Pour une ligne donnée, les moyennes non suivies des mêmes lettres sont significativement différentes.

Témoin = aliment contrôle contenant des huiles de palme et soja ; GLDP = graines de lin extrudées à faible teneur en fibres ; GLE = graines de lin extrudées à forte teneur en fibres ; MA = microalgues

¹ moyenne des valeurs hebdomadaires ; ² en g/ 100 g jaune d'œuf ; ³ en % AG totaux du jaune d'œuf

n = 7 pour les mesures d'unités Haugh et de couleur ; n = 21 pour la teneur en lipides et la composition en acides gras des jaunes d'œufs

Tableau 2 - Efficacité du dépôt en AG n-3 dans les œufs de poules calculée à partir des valeurs moyennes de chaque paramètre par lot

Lots	GLDP	GLDP+MA	GLE	MA	Témoin
Consommation cumulée d'aliment par poule (g)	9604	9632	9436	9716	9688
Consommation cumulée d'AG n-3 par poule (g)	53,25	62,65	42,05	55,96	12,72
Consommation cumulée de C18:3 par poule (g)	53,25	52,92	42,05	22,17	12,72
Consommation cumulée d'AG n-3 LC par poule (g)	0	9,73	0	33,79	0
Quantité cumulée d'œufs produits par poule (g)	3929	4077	3927	4098	4012
Quantité totale d'AG n-3 déposés dans les œufs (g)	10,31	12,33	10,63	12,55	3,96
Quantité totale de C18:3 déposé dans les œufs (g)	5,89	5,54	6,05	2,07	1,65
Quantité totale d'AG n-3 LC déposés dans les œufs (g)	4,42	6,79	4,58	10,48	2,31
Efficacité du dépôt en AG n-3	0,19	0,20	0,25	0,22	0,31
Efficacité du dépôt en C18:3	0,11	0,10	0,14	0,09	0,13
Efficacité du dépôt en AG n-3 LC		0,70		0,31	

Efficacité du dépôt = quantité totale déposée/consommation cumulée

La proportion du jaune dans l'œuf est en moyenne de 29%.

Figure 1 - Effet de différentes sources alimentaires en acides gras n-3 sur le taux de ponte des poules (n = 40) et le poids des œufs (n = 160 ; P > 0,05)