INTERET NUTRITIONNEL D'ŒUFS ENRICHIS EN IODE ET EN ACIDES GRAS OMEGA-3 CHEZ LES SUJETS HYPERCHOLESTEROLEMIQUES

Schmitt Bernard[1,2] et Ferry Constance[2]

[1]Centre d'Enseignement et de Recherche en Nutrition Humaine, CERNh/CHBS, BP 12233, F-56322 LORIENT (France),
[2]Association Bleu-Blanc-Cœur©, BP 60138, F-63530 FOUGERES Cedex (France)

schmitt.lorient@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'efficacité des acides gras oméga-3 dans la prévention des maladies cardiovasculaires serait renforcée par un apport en iode organique qui favoriserait une baisse significative des taux de cholestérol plasmatique. Afin de tester cette hypothèse, des œufs riches en acides gras oméga-3 et en iode, obtenus à partir d'une supplémentation de l'alimentation de poules pondeuses en graines de lin extrudées et en algues, ont servi de vecteur alimentaire pour cette étude randomisée, en double aveugle, portant sur 57 volontaires répartis en trois groupes parallèles. L'objectif était de comparer d'une part l'efficacité respective de 3 types d'œufs : standards, enrichi en acides gras oméga-3 (ω3), et enrichis en Iode+ω3 (I/ω3), sur le profil lipidique de personnes présentant une hypercholestérolémie et de s'assurer d'autre part de l'absence d'effets délétères sur le métabolisme thyroïdien d'un apport significatif en iode. Les résultats confirment l'absence d'augmentation du cholestérol total malgré une surconsommation d'œufs, une augmentation significative des taux de HDL-C dans le groupe I/w3 ainsi qu'une baisse des triglycérides et du rapport Cholestérol total/HDL-C. Cet effet est vraisemblablement dû à l'action agoniste de l'iode sur les PPARα et son rôle de co-activateur de la lipoprotéine lipase, en synergie avec des capacités antioxydantes accrues. L'apport journalier de 350 µg d'iode est bien toléré (absence de modification des taux de TSH et du rapport iodurie/créatinine). Au total, la consommation d'œufs riches en acides gras oméga-3 et en iode s'avère apporter une contribution efficace dans la prévention des maladies cardiovasculaires et ne présente pas de risque pour le consommateur.

ABSTRACT

Nutritional interest of eggs enriched in iodine and omega-3 fatty acids to the subjects with hypercholesterolemia.

The efficiency of fatty acids omega 3 in the prevention of the cardiovascular diseases would be strengthened by a contribution in organic iodine which would reinforce a significant reduction in the level of plasmatic cholesterol. To test this hypothesis, eggs rich in fatty acids omega 3 and in iodine, obtained from a supplementation of the feed of laying hens in extruded linseeds and seaweeds, served as food vector for this randomized, double-blind study, concerning 57 volunteers distributed in three parallel groups. The objective was to compare, on one hand, the respective efficiency of 3 types of eggs: standard, enriched in fatty acids omega 3 (ω3), and enriched in Iodine+ω 3 (I /ω3) on the lipid profile of people presenting a hypercholesterolemia and on the other hand, to make sure of the absence of noxious effects on the thyroid metabolism, in relation with a significant contribution in iodine The results confirm the absence of increase of the total cholesterol in spite of an overconsumption of eggs, a significant increase of the HDL-C in the group I / w3, as well as a decrease of triglycerides and of the ratio of cholesterol total / HDL-C. This effect is due to the agonist action of the iodine on the PPARα and its role as co-activator of the lipoprotein lipase, in synergy with increased antioxidizing capacity. The daily contribution of iodine of 350 µg is well tolerated (absence of variation of the rate of TSH and of the iodine / creatinine ratio). In conclusion, the consumption of eggs enriched in omega 3 and in iodine, effectively contributes to the prevention of cardiovascular diseases and does not present risk for the consumer.

INTRODUCTION

Au-delà d'une efficacité reconnue des AGPI n-3 (oméga-3) dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Legrand, 2010 ; Bradberry, 2013), quelques rares publications font état d'un renforcement de cette propriété grâce à un apport complémentaire en iode organique qui favoriserait une baisse significative des taux de cholestérol plasmatique (Garber, 1993). L'œuf constitue potentiellement un vecteur particulièrement intéressant pour enrichir nos apports alimentaires à la fois en oméga 3 et en iode (Surai, 2000). Cette étude, menée dans le cadre du programme de recherche ANR-AGRALID, a pour but d'évaluer d'une part l'efficacité d'un modèle d'enrichissement des œufs en iode et acides gras oméga-3 par une supplémentation de l'alimentation des poules pondeuses en graines de lin extrudées et en algues laminaires (Laminaria digitata, CEVA, 2015), et de mesurer d'autre part la balance risque/bénéfice de la consommation de ces œufs concernant le profil lipidique et le métabolisme thyroïdien de personnes présentant une dyslipidémie.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Le protocole

Il s'agit d'une étude en double aveugle, randomisée, en trois bras parallèles comparant un régime témoins « œufs standards» à un régime « œufs oméga-3 » d'une part et « œufs oméga 3/iode » d'autre part. 57 volontaires présentant une dyslipidémie mixte sont inclus. Leur régime est strictement contrôlé et homogénéisé dans tous les groupes. Les œufs sont fournis en fonction des groupes définis par le protocole. Tout traitement hypocholestérolémiant est arrêté à J-7 lors de la randomisation. Les volontaires consomment un œuf/jour en plus de leur alimentation standard équilibrée. La durée totale de l'étude est de 9 semaines.

1.2. La population étudiée

Les 57 volontaires (32 hommes et 25 femmes), présentent à l'inclusion les caractéristiques suivantes : âge moyen 57,8 ±10,0 ans : Cholestérol total (CT) : 2,52 ± 0,39g/l ; Triglycérides (TG) : 1,60 ± 0,81 g/l ; LDL-Cholestérol (LDL-C) : 1,67±0,45 g/l ; HDL-Cholestérol (HDL-C) : 0,57±O,15g/l ; CT/HDL-C : 4,72 ± 1,45 ; Iodurie : 552,68 ± 216,30 µg/24h ; I/Créat.=534,57±166,43.

1.3. Les produits à l'essai

Les œufs « standards » sont issus d'un élevage classique, non supplémentés en oméga 3 ni en iode.
Les œufs « ω3 » proviennent de poules dont l'alimentation est supplémentées avec des graines de lin extrudées selon le cahier des charges Bleu-Blanc-Cœur© (Schmitt, 2003).
Les œufs «I/ω3 » sont obtenus à partir de poules pondeuses supplémentées à la fois en graines de lin extrudées et en additif à base de laminaires riches en iode et en oméga-3 à longues chaines. Cette supplémentation est également naturellement riche en vitamine A et en vitamine E. La composition respective en acides gras des trois lots d'œufs est donnée dans le **tableau 1.**
Les AGPI ω3 totaux, EPA et DHA sont 3x plus élevés dans les œufs ω3 et I/ω3 que dans les œufs standards et contiennent moins d'acides gras saturés. Ceci confirme le rôle essentiel de l'œuf comme vecteur privilégié des longues chaines, l'iode semblant encore renforcer cette propriété.
Le rapport ω6/ω3 est trois fois moins élevé dans les œufs I/ω3 et ω3 que dans les œufs standards et sont conformes aux ANC pour les Acides gras (Anses, 2011). Il n'y a pas de différence significative de la teneur en cholestérol entre œufs standards et œufs ω3. Par contre, les taux sont significativement plus bas dans les œufs I/ω3 (- 52%).
Les œufs I/ω3 contiennent respectivement deux fois plus de vitamine E et à trois fois plus de vitamine A et sont dix fois plus riches en iode que des œufs standards ou ω3.

1.4 Analyses statistiques

L'évaluation intergroupe de l'efficacité des produits est réalisée par une ANOVA (ou analyse de variance) à un facteur avec mesures répétées sur les 3 périodes (J0, J21, J42). Le test non paramétrique de Kruskall et Wallis est prévu dans le cas où les données récoltées ne suivent pas une distribution normale. L'évaluation des paramètres en intra-groupe utilise le test t de Student ou le test de rang de Wilcoxon. Le test du chi 2 est utilisé pour mesurer la comparabilité des groupes pour les données qualitatives (sex-ratio) et le test t de Student pour les autres critères (âge, taux de cholestérol et de triglycérides).

1.5 Critères d'évaluation :

Mesure de l'efficacité déterminée par la comparaison intergroupe 2 à 2 des variations relatives des paramètres lipidiques (CT, HDL-C, LDL-C, TG) en valeur et en pourcentage.
Critères secondaires : Chromatographie des acides gras du sérum et de la membrane érythrocytaire.
Critères de tolérance de la surcharge iodée sur le fonctionnement thyroïdien : iodurie/24h et clairance de la créatinine, rapport iodurie/créatininurie) et dosage de la TSH plasmatique.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 Evolution des Paramètres lipidiques

2.1.1, La comparaison au groupe témoin, après ajustement sur la valeur J0, des paramètres lipidiques des groupes I/ω3 et ω3 à J21 et J42 est donnée dans le **tableau 2** :

- Dans le groupe « I/ω3 », on note une baisse significative des triglycérides (-23,96% ; p= 0,05) et une augmentation significative du HDL-C (+ 3,38% ; p=0,03).
- Dans le groupe « ω3 », on ne constate aucune évolution significative des paramètres lipidiques.

2.1.2. La comparaison intergroupe I/ω3 *vs* ω3 est également donnée dans le **tableau 2**. Le groupe I/w3 se caractérise par :

- Une baisse significative du CT à J42 (-15,6% ; p<0.05).
- Une baisse significative du LDL-C à J21 et J42, respectivement -4,9%, p<0,05 et -18,2%, p<0,05).
- Une baisse significative du rapport CT/HDL-C, tant à J21 qu'à J42, respectivement -7,5%, p<0,05 et -16,9%, p<0,05.

Au total, le HDL-C est significativement augmenté dans le groupe I/w3 par rapport au groupe témoin et les taux de CT, LDL-C et le ratio CT/HDL-C baissent de façon significative chez les volontaires bénéficiant d'une supplémentation en iode, par rapport à ceux n'ayant bénéficié que d'une simple supplémentation en ω3.

2.2 Evolution des acides gras

Le profil des acides gras par chromatographie en phase gazeuse a été réalisé dans le cadre d'une étude ancillaire portant sur un échantillon restreint de 15 volontaires répartis dans les trois groupes, mais ne permettant pas une analyse statistique des résultats. La composition des acides gras membranaires, plus représentative de l'efficacité dans le temps de l'apport en oméga 3, est donné dans le **tableau 3.**

Compte tenu du faible effectif, ces résultats n'ont qu'une valeur indicative. Ils témoignent cependant d'une évolution globalement favorable dans les deux groupes ω3 et I/ω3 : baisse de LA et des AGPI n-6, en particulier de l'Acide Arachidonique ; Augmentation de ALA et des AGPI n-3 à longue chaine ; baisse du rapport ω6/ω3 et stabilité des AGS. Ces modifications sont rapides, dès J21 et confirment les résultats de travaux antérieurs (Legrand 2010).

2.3. ORAC, Tocophérol et β–carotène

Les propriétés antioxydantes des différents régimes ont été évaluées, dans le cadre de l'étude ancillaire, par le test ORAC, mesurant l'activité antioxydante du sérum. Avec les réserves nécessaires liées au petit nombre de sujets étudiés, on constate que l'ORAC est stable dans les groupes «témoin» (J21: 52,5 ; J42: 54,4) et «ω3» (J21: 45,3 ; J42: 44,2). Par contre, il augmente dans le groupe «I/ω3» (J21: 41,7 ; J42: 59,4 soit +42,44%).

2.4 Evolution du métabolisme iodé

Compte tenu du risque potentiel d'un excès d'iode sur le métabolisme thyroïdien, l'objectif était de s'assurer de l'absence d'effets délétères consécutifs à la surcharge iodée liée à la consommation de ces œufs enrichis.

Le groupe I/ω3 est caractérisée par un doublement de l'iodurie au bout de 3 semaines (J0=532,94 mcg/24h ; J21=1224,4 mcg/24h, soit + 229.74 %) suivi d'une diminution en deuxième période (J42=1034,3 mcg/24h, soit -15,52 %). Cela confirme d'une part une bonne assimilation de l'iode à travers la consommation de ces œufs, et d'autre part l'efficacité des mécanismes régulateurs, confirmée par le rapport Iodurie/créatinine qui augmente de façon significative à J21 (917,2 ± 162,4 ; p=0.05, soit + 67,7%), suivi d'une diminution à J42, (761,6 ± 133,8 ; p=0.05, soit -17%), imputable à un effet Wolff-Chaikoff. Parallèlement, les valeurs de la TSH restent stables et dans la fourchette de la normalité à tous les temps, tant en comparaison intergroupe qu'en évolution intragroupe (1,91<TSH<2,55 pour une valeur de référence de 0,4 à 4 mUI/l). La surcharge iodée n'a donc pas entrainé de modification du métabolisme thyroïdien malgré un apport important d'iode.

DISCUSSION

Quel que soit le type d'œuf, on ne constate aucune augmentation du cholestérol total, ce qui ne justifie à priori pas de restriction de sa consommation chez les sujets hypercholestérolémiques.

Ces résultats soulèvent la question des mécanismes permettant d'expliquer cette amélioration du profil lipidiques et de la responsabilité respective de l'iode et de la forte concentration en Vitamines E et A des œufs I/ω3.

1) La vitamine E est un puissant désactivateur (Quencher) de l'oxygène singulet (Cilliard, 2006) et s'oppose d'une part à la peroxydation lipidique de l'alimentation des poules afin de préserver la qualité nutritionnelle des produits et notamment leur richesse en ω3 et d'autre part au stress oxydant, responsable de la peroxydation des LDL circulants et des phospholipides membranaires, tant chez les animaux que chez le consommateur, (Gobert, 2010).

2) Les mécanismes impliquant l'iode (en dehors de la synthèse des hormones thyroïdiennes) ont fait l'objet de nombreux travaux au japon, (Kaji, 1984 ; Katamine, 1987), pays où les algues sont très

largement consommées. Ces auteurs ont montré que l'iode agit par un mécanisme comparable à celui des fibrates en activant les récepteurs nucléaires PPARα dont les ligands sont les acides gras et leurs dérivés éïcosanoïdes. Liés aux récepteurs des rétinoïdes (vitamne A) RXR sous forme d'un hétérodimère, ils initient la transcription de gènes impliqués dans le métabolisme des lipoprotéines HDL, activent la lipoprotéine lipase dont l'iode est un cofacteur aussi bien dans le muscle que dans le tissu adipeux et induisent par ailleurs l'expression d'enzymes antioxydantes telle que la superoxyde dismutase ou la glutathion peroxydase (Berger, 2005). Ainsi, par des mécanismes complémentaires, il existe une synergie Iode/vitamine A et vitamine E, directement en lien avec l'apport d'algues de type laminaire dans l'alimentation des poules. Si l'apport d'antioxydant sous forme de vitamine E est essentiel dans la préservation du capital lipidique, il ne peut à lui seul expliquer l'augmentation du HDL-C. Par contre, l'action agoniste de l'iode sur les PPARα apparait déterminante dans la diminution des LDL-C et l'augmentation des HDL-C tout en renforçant la fonction antiradicalaire.

CONCLUSION

La consommation d'œuf par des personnes présentant une dyslipidémie n'entraine pas d'augmentation des taux plasmatique de cholestérol. Ce résultat conforte d'autres études qui mettent à mal la mauvaise réputation des œufs en raison de leur richesse en cholestérol et en acides gras saturés. *A contrario*, la consommation journalière d'œufs enrichis en acides gras oméga 3 se traduit par une augmentation des taux de HDL-C, et cet effet est nettement renforcé par un enrichissement en iode associée aux vitamines A et E, se traduisant au final par une amélioration du profil lipidique chez le consommateur. L'iode contenu dans ces œufs est bien métabolisé et son élimination efficace est associée à la normalité dans le temps des paramètres de surveillance de la thyroïde, permettent ainsi de garantir la sécurité nutritionnelle de cet aliment. En outre, cet apport en iode peut, le cas échéant, venir compenser une éventuelle carence, notamment chez les personnes âgées ou contraintes de manger sans sel. Au total, la consommation régulière d'œufs enrichis en iode et en Oméga 3 chez des sujets hypercholestérolémiques constitue un aliment de choix à prendre en compte dans l'éventail des mesures préventives du risque cardiovasculaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Anses ; Édition scientifique. www.anses.fr
2. Berger J.P., Akiyama T.E. et al. 2005. Trends Pharmacol Sci., 26, 244-51
3. Bradberry J.C., Hilleman D.E. 2013. Pharm Therap., 38 (11), 681–691.
4. CEVA. www.ceva.fr/fre/media/file/laminaria-digitata
5. Cilliard J., Cilliard P. 2006. OCL, 13 (1), 24-28
6. Garber D.W., Henkin Y. et al. 1993. Food Chem Toxicol., 31 (4), 247-51.
7. Gobert M., Gruffat D. et al. 2010. Meat Sci., 85 (4), 676-683
8. Katamine S , Tanaami S. et al. 1987. Drugs Exp Clin Res., 13 (1), 1-4
9. Kaji K., Miyashita M. et al. 1984. Folia pharmacol Japonica, 83 (5) 451-457.
10. Legrand P., Schmitt B. et al. 2010. Lipids, 45, 11-19
11. Surai PF. 2000. Brit Poultry Sci., 41 (2), 235-243
12. Schmitt B., Weill P. et al. 2003. Diabetes Metab Research 19 (2), S1-S14

Tableau 1. Composition en AG (en %), Vitamines et Iode des œufs pour chacun des trois groupes (* : p<0,05 ; ** : p<0,01)

Acides Gras (en %)	Œufs standards	Œufs I/ω3	Œufs ω3
Acide palmitique	24.7	21.6	22.7
Acide oléique	43.2	42.3	40.7
Acide linoléique	16.25	16.9	15.2
Acide α–linolénique	0.7	2.8	3.8
Acide arachidonique	1.7	1.2 *	1.3 *
EPA + DHA	0.7	2.1 *	1.2 *
Σ AG oméga-3	1.5	5.2 **	5.8 **
Σ AG Oméga-6	18.15	18.4	19.6
Rapport ω6/ω3	12.1	3.53**	3.38**
Acide gras saturés	35.1	30.3	31.5
Acides gras mono insaturés	45.25	46.1	45.5
Acides gras poly insaturés	19.65	23.6	25.4
Cholestérols(%)	0.48	0.25 **	0.48
Vitamine E (mg)	23.1	50.55**	24.0
Vitamine A (UI/kg)	4.70	13.10**	4.75
Iode (µg/œuf)	30.0	350.0**	30.0

Tableau 2**.** Paramètres lipidiques : Comparaison intergroupes *vs* témoin et I/ω3 *vs* ω3 (%) (* : p<0,05)

	groupe « I/ω3 »	**←p→**	**Groupe «témoin»**	**←p→**	**groupe « ω3 »**	**I/ω3 *vs* ω3 (%)**
Cholestérol (g/l)						
J0	2,53 ± 0,39		2,68±O,58		2,68±0,51	
J21	2,61 ± 0,11	0,84	2,63 ± 0,09	0,40	2,71 ± 0,15	-3,7 %
J42	2,32 ± 0,15	0,26	2,47 ± 0,12	0,11	2,75 ± 0,13	**-15,6 % (*)**
J21 →J42 (%)	*-7,95 % ± 4,75*	*0,32*	*-3,61% ± 3,94*	*0,24*	*+ 4,22 ± 4,13*	
Triglycérides (g/l)						
J0	1,53±1,02		1,20±0,72		1,66±1,01	
J21	1,24 ± 0,12	0,85	1,22 ± 0,11	0,42	1,44 ± 0,15	**-13,9% (*)**
J42	0,95 ± 0,12	0,67	0,99 ± 0,10	0,40	1,39 ± 0,17	**-31,6% (*)**
J21 →J42 (%)	***-23,96 % ± 8,35 (*)***	*0,05*	*-13,39 % ± 6,72*	*0,11*	*- 9,62± 8,43*	
HDL-C (g/l)						
J0	0,54±0,15		0,62±0,12		0,52 ± 0,18	
J21	0,59 ± 0,02	0,96	0,57 ± 0,02	0,50	0,58 ± 0,02	+1,7 %
J42	0,61 ±0,02	0,14	0,56 ±0,02	0,04	0,60 ± 0,02	+1,7 %
J21 →J42 (%)	***+ 3,38% ± 3,25 (*)***	*0,03*	*- 1,69 %± 2,63*	*0,45*	*+ 3,44± 3,57*	
LDL-C (g/l)						
J0	1,68 ± 0,39		1,82±0,46		1,83 ± 0,44	
J21	1,76 ± 0,10	0,83	1,73 ± 0,09	0,27	1,85 ± 0,14	**-4,9 % (*)**
J42	1,57 ± 0,13	0,32	1,70 ± 0,11	0,09	1,92 ± 0,12	**-18,2% (*)**
J21 →J42 (%)	*-4,73 %± 9,48*	*0,25*	*- 5,18 %± 7,73*	*0,92*	*+ 5,55 ± 9,42*	
CT/HDL-C(g/l)						
J0	5,01 ± 1,48		4,42±1,10		4,81 ± 0,33	
J21	4,69 ± 0,21	0,91	4,72 ± 0,20	0,23	5,07 ± 0,34	**-7,5 % (*)**
J42	4,08 ± 0,29	0,29	4,36 ± 0,24	0,36	4,91 ± 0,33	**-16,9% (*)**
J21 →J42 (%)	*-14,51 %± 5,29*	*0,13*	*-7,17 % ± 4,38*	*0,36*	*- 3,83 ± 4,74*	

Tableau 3 : Chromatographie des acides gras membranaires (en % des AG totaux)

AG en % des AG totaux	Témoin		Groupe ω3 (Evolution *vs* Témoin en %)		Groupe I/ω3 (Evolution *vs* Témoin en %)	
	J21	J42	J21	J42	J21	J42
C18 ;2 (LA)	10,06	11,98	9,57 (-4,87%)	9,3 (-22,36%)	9,0 (-24,87%)	9,8 (-18,19%)
C 18:3 (ALA)	0,13	0,13	0,15 (+15,38%)	0,17 (+30,76%)	0,14 (+7,69)	0,15 (+15,38%)
C 20:4 (AA)	12,95	11,7	13,04 (+0,69%)	13,44 (+14,87%)	12,47 (-3,70%)	12,73 (+8,80%)
C 20:5 (EPA)	0,64	0,69	0,73 (+14,06%)	0,91 (+31,88%)	0,73 (+14,06%)	0,75 (+8,69%)
C 22:6 (DHA)	5,24	4,14	6,06 (+15,64%)	6,05 (+46,13%)	5,29 (+0,95%)	5 (+20,77%)
Σω3	8,44	7,11	9,28 (+9,95%)	9,03 (+27,0%)	8,6 (+1,89%)	7,57 (+6,46%)
Σω6	27,93	27,83	27,08 (-9,24%)	26,45 (-4,95%)	26,05 (-6,73%)	26,98 (-3,05%)
ω6/ω3	3,35	4,15	2,94 (-12,23%)	2,96 (-28,67%)	3,15 (-5,97%)	3,9 (-6,02%)
AGS	44,38	44,51	44,09 (-0,65%)	45,12 (+1,37%)	44,76 (+0,85%)	44,39 (-0,26%)
AGMI	19,04	20,2	19,26 +1,15%	19,06 (-5,64%)	20,12 (+5,67%)	20,68 (+2,37%)
AGPI	36,61	35,29	36,64 +0,08%	35,82 (+1,50%)	36,91 (+0,82%)	36,93 (+4,64%)