

EFFET D'UNE RESTRICTION ALIMENTAIRE ET D'UNE SUPPLEMENTATION EN ACIDE GRAS SUR LES PARAMETRES METABOLIQUES ET SUR LES CONCENTRATIONS PLASMATIQUES DES ADIPOCYTOKINES CHEZ LA POULE REPRODUCTRICE

Mellouk Namya¹, Ramé Christelle¹, Marchand Maxime², Mercierand Frédéric², Rigoreau Harold², Travel Angélique⁴, Souchet Christophe⁴, Bignon Laure⁴, Staub Christophe³, Touzé Jean-Luc³, Venturi Eric³, Guerini C⁵, Roffidal L⁵, Chartrin Pascal⁵, Ma Linlin¹, Froment Pascal¹, Dupont Joëlle¹

¹INRA, UMR085 Unité de Physiologie de la Reproduction et des Comportements PRC - 37380 NOUZILLY

²INRA - Unité Expérimentale du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours UEPEAT - 37380 NOUZILLY

³INRA - Unité Expérimentale de Physiologie Animale de l'Orfrasière UEPAO- 37380 NOUZILLY

⁴ITAVI - Centre INRA Centre Val de Loire - 37380 NOUZILLY

⁵INZO - 1 rue de la Marébaudière BP 9669 Montgermont - 35766 SAINT GREGOIRE
joelle.dupont@inra.fr

RÉSUMÉ

En élevage, les poules reproductrices sont soumises à une restriction alimentaire pour limiter la baisse de la fertilité, associée à des changements de masse corporelle. Ainsi, nous avons établi un protocole *in vivo* consistant à évaluer les effets de différents niveaux de restriction alimentaire associés ou non à une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) sur les paramètres métaboliques et les concentrations plasmatiques des adipocytokines (chémérine, visfatine, adiponectine) chez la poule reproductrice. Nos analyses indiquent que les poules nourries avec un régime *ad libitum* (Ad, recevant une quantité d'aliment permettant une croissance 1,7 fois plus importante que celle des animaux du régime restreint) ont un poids corporel, un pourcentage de matière grasse, une surface de muscles pectoraux ainsi que de *sot l'y-laisse* significativement ($p < 0,05$) plus élevés que chez les animaux restreint (Rt). De plus, le régime Ad augmente significativement les concentrations plasmatiques de triglycérides, de cholestérol, de phospholipides, de glucose, de chémérine et de visfatine alors qu'il diminue celles de l'insuline et de l'adiponectine. D'autre part, la supplémentation en AGPI n'a pas d'effet sur le poids, l'engraissement et les concentrations plasmatiques de cholestérol et d'insuline alors qu'elle augmente les concentrations plasmatiques de triglycérides, de glucose et d'adiponectine et diminue celles des phospholipides, de la chémérine et de la visfatine. Aussi, nous montrons une corrélation positive entre les valeurs d'insulinémie et d'adiponectinémie, de visfatinémie et de chémérinémie ainsi qu'une corrélation négative du pourcentage de masse grasseuse avec la chémérinémie et positive avec la visfatinémie. Ainsi, ce travail montre que l'alimentation et de la supplémentation en AGPI sont capables de modifier les paramètres métaboliques et les concentrations plasmatiques des adipocytokines.

ABSTRACT

Effect of food restriction and fatty acid supplementation on metabolic parameters and plasma levels of several adipokines in reproductive hens

In livestock, reproductive hens are subjected to restricted diet to limit the decline of fertility associated with body mass changes. Thus, we have established an *in vivo* protocol of assessing the effect of different levels of restricted diet with or without polyunsaturated fatty acid supplementation (FAS) on metabolic parameters and plasma levels of adipokines (chemerin, visfatin, adiponectin) in reproductive hens. Our analysis indicates that hens fed with *ad libitum* diet (Ad, receiving an amount of feeding to achieve growth 1,7 times greater than the animals of the restricted diet) have a body weight, a percentage of fat, a surface of pectoral and "*sot l'y laisse*" muscles significantly ($p < 0,05$) higher than in restricted (Rt) hens. Furthermore, Ad diet significantly increases plasma levels of triglycerides, cholesterol, phospholipids, glucose, chemerin and visfatin whereas it decreases plasma levels of insulin and adiponectin. On the other hand, the FAS has no effect on weight, fattening and plasma levels of cholesterol and insulin whereas it increases plasma levels of triglycerides, glucose and adiponectin and decreases plasma levels of phospholipids, chemerin and visfatin. We also show a positive correlation between insulin values and adiponectin and visfatin values, a negative correlation of fat percentage with chemerin values and positive with visfatin values. Hence, this work shows that diet and FAS are able to modulate metabolic parameters and plasma levels of adipokines.

INTRODUCTION

L'élevage intensif et la sélection génétique de poule reproductrice de type chair a entraîné au cours du temps une production d'animaux de plus en plus lourds susceptible de développer des troubles métaboliques et reproductifs (Richards et al. 2007). De plus, les éleveurs disposent de peu d'outils rendant compte de l'état corporel de leurs animaux, ce qui accentue la difficulté à détecter les maladies métaboliques observées en cas d'alimentation non rationnée (*ad libitum*). L'une des solutions mise en place pour pallier à ces différents désordres a été de se tourner vers une distribution d'aliment contrôlée (restreinte) mais qui en conséquence entraîne des comportements d'agressivité et de stress (de Jong et al. 2002). Par ailleurs, ces paramètres peuvent aussi être modifiés par les acides gras poly-insaturés de type omega 3 provenant de l'alimentation. Les acides gras majoritairement reconnus pour leurs effets bénéfiques sur le système métabolique et reproducteur (Poniedziałek-Czajkowska et al. 2014) sont l'acide eicosapentanoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA). L'association faite entre l'alimentation, la composition corporelle et la physiologie métabolique passent souvent par une régulation des hormones sécrétées par le tissu adipeux, appelées adipocytokines. Ainsi, le profil d'expression des adipocytokines chez la poule peuvent être des indicateurs clés pour aider à prédire la composition corporelle et donc soutenir les décisions de gestion pour maintenir une production optimale. Ainsi, la présente étude a été réalisée afin d'évaluer l'impact des conditions d'alimentation sur des paramètres métaboliques et d'explorer les niveaux plasmatiques et tissulaires d'adipocytokines, considérées comme de potentiels indicateurs de la masse corporelle chez une souche reproductrice de type chair soumise à des conditions proches du terrain ou *ad libitum*. De ce fait, nous avons établi un protocole *in vivo* consistant à évaluer les effets de différents niveaux de restriction alimentaire associés ou non à une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) de type omega 3 sur le poids, l'engraissement estimé par différentes techniques (bioimpédancemétrie, analyse des carcasses et pesée du gras abdominal) et les concentrations plasmatiques de marqueurs métaboliques.

1. MATERIELS ET METHODES

Le protocole mis en place a reçu un avis favorable par le comité d'éthique (CEEA VdL) sous la référence du dossier : 01607.02

1.1. Les animaux

Les 320 poussins femelles de type chair (Cobb 500, Hendrix Genetics) ont été répartis, au sol, en groupe homogène de 10 dans 32 parquets de 3 m² et élevés au

sein de l'Unité Expérimentale du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours (UEPEAT) selon les conditions classiques d'élevage.

1.2. Les régimes alimentaires

Du 1^{er} jour à la 3^{ème} semaine (sem) les 320 poussins femelles ont reçu une alimentation de démarrage de type *ad libitum* (libre accès à la nourriture). A partir de la 3^{ème} sem les poules ont été séparées en deux groupes. Un premier groupe (n=160) a reçu une alimentation restreinte permettant de suivre la courbe théorique de poids fournie par Hendrix Genetics et le second groupe (n=160) a reçu une alimentation *ad libitum* permettant une croissance 1,7 fois plus importante que chez les animaux *restreints*. De la 9^{ème} à la 39^{ème} sem ces deux groupes ont été subdivisés pour former 4 groupes auquel nous avons ajouté ou non une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) (lot C : restreint non supplémenté, lot D : *ad libitum* non supplémenté, lot A : restreint supplémenté, lot B : *ad libitum* supplémenté). La supplémentation en AGPI utilisée (OMG 750) est composée de 77% d'huile de poisson raffinée (dont 14% d'acide eicosapentanoïque (EPA) et 9% d'acide docosahexaénoïque (DHA)) et de 23% de gélatine (capsule) et a été utilisée à 1% de l'alimentation totale.

1.3. Profil en acide gras de la composition d'aliment, du jaune d'œuf, du tissu adipeux, du foie et du muscle (cuisse et filet)

Les classes de lipides ont été déterminées après chromatographie sur couche mince de gel de silice. La composition en acide gras a été déterminée après trans-méthylation des lipides par chromatographie gazeuse (Perkin Elmer Autosystem, St Quentin en Yvelines, France) (Morrisson et al. 1964).

1.4. Mesures du poids, de l'ingéré et de l'engraissement

Les poules ont été pesées à jeun toutes les 3 sem. La quantité d'aliments donnée a été ajustée toutes les sem par rapport à la croissance des animaux de deux parquets de référence (Hendrix Genetics). La composition en matière grasse des poules a été estimée toutes les 3 sem par bioimpédancemétrie en collaboration avec INZO (Roffidal et al., 2011), à 21 et 39 sem par analyse de la composition en matière grasse de la carcasse et à 39 sem par mesure du poids du tissu adipeux abdominal.

1.5. Dosages plasmatiques

Les échantillons sanguins ont été collectés au sinus occipital dans des tubes d'héparine aux sem 3, 9, 15, 18, 21, 27, 32, 39. Le plasma a été récupéré après une centrifugation (5 000g pendant 10 minutes à 4°C) puis conservé à -20°C jusqu'à son utilisation.

Les concentrations plasmatiques de glucose, de cholestérol, des triglycérides et de phospholipides ont été obtenues par dosage enzymatique respectivement

à l'aide du Kit GAGO-20 (Sigma Aldrich), du kit Biolabo Cholestérol (CHOD-PAP), du kit Biolabo Triglycéride (méthode GPO), et du kit Biolabo Phospholipides (méthode colorimétrique enzymatique). Les concentrations plasmatiques des adipocytokines ont été obtenues à l'aide des kits spécifiques poulet de chez BlueGene (E12V0003 sensibilité 1 ng/mL, E12A0125 sensibilité 0,1 ng/mL et E112C0104 sensibilité 1 pg/mL respectivement pour la visfatine, l'adiponectine et la chémérine).

1.6. Surface des muscles pectoraux et du sot l'y laisse après abattage.

La surface des muscles pectoraux majeur et mineur et du sot l'y laisse a été mesurée à 39 sem après abattage par ultra-son à l'aide d'un échographe MyLab 30 Gold Vet (Hospimedi France, Saint-Crépin-Ibouvillers, France) muni de deux sondes linaires (Esaote L332 et L435) en travaillant à basse fréquence pour les muscles pectoraux (5MHz) et à plus haute fréquence pour les sot l'y laisse (15MHz) situés en surface au niveau de la fosse iliaque.

1.7. Mesure de l'expression des adipocytokines et de leurs récepteurs dans le tissu adipeux, le foie et le muscle.

L'ARN total des différents tissus (tissu adipeux abdominal et sous cutané, foie et muscle pectoral) de 8 animaux âgés de 39 sem a été extrait par homogénéisation dans le réactif TRIzol®. La transcription inverse (RT) de l'ARN total et la PCR en temps réel ont été réalisées comme décrit par Diot et al., 2015.

1.8. Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne $\pm$ SEM et avec un niveau de significativité inférieur à 0,05 (* $P < 0,05$). Un test ANOVA (analyse de variance) en mesures répétées a été utilisé pour comparer les moyennes de poids corporel, d'ingéré, d'engraissement et de concentrations plasmatiques entre les différents groupes de poules, au cours du temps. Un test de Pearson a été utilisé pour les analyses de corrélation entre les différents paramètres. Le logiciel SAS a été utilisé pour toutes les analyses.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Profil en acide gras de l'alimentation

Les teneurs en EPA et DHA sont représentés en % des lipides totaux. Tout d'abord, tous les animaux ont été nourris avec un aliment dit « démarrage » jusqu'à la 5^{ème} semaine (sem) dont les teneurs en EPA et DHA sont respectivement 0,37 et 0,65% puis un aliment dit « croissance » jusqu'à la 9^{ème} sem dont les teneurs en EPA et DHA sont respectivement 0,10 et 0,23%. Puis à partir de la 9^{ème} sem, les poules ont été nourries avec un aliment supplémenté ou non en AGPI. De la 9^{ème} à la 19^{ème} sem l'aliment « expé » supplémenté contient 0,93 % d'EPA et 1,45 % de DHA. De la 20^{ème} à la

22^{ème} sem l'aliment « pré-ponte » supplémenté contient 2,15 % d'EPA et 3,51 % de DHA. De la 23^{ème} à la 39^{ème} sem l'aliment « ponte » supplémenté contient 0,97 % d'EPA et 1,46 % de DHA. De la 9^{ème} à la 39^{ème} sem les aliments non supplémentés ne contiennent pas d'EPA et DHA. Ainsi, dans tous les aliments supplémentés en AGPI on retrouve une teneur en EPA et DHA plus importante que dans l'aliment non supplémenté et un ratio EPA/DHA compris entre 0,43 et 0,66 alors que nous avons choisi une formule avec un ratio d'EPA/DHA de 1,5.

2.2. Effet de la supplémentation en AGPI sur la composition en acide gras dans le jaune d'œuf, le tissu adipeux, le foie et le muscle

L'ingestion d'AGPI a permis un changement de composition en acide gras du jaune d'œuf, du tissu adipeux abdominal, du foie et du muscle (filet et cuisse) avec un enrichissement de DHA et d'EPA. De plus, nous avons noté précédemment que le ratio EPA/DHA contenu dans les différents aliments reste compris entre 0,43 et 0,66, ce qui signifie que l'EPA se retrouve en plus faible quantité dans l'alimentation alors que nous observons l'inverse dans le jaune d'œuf et les différents tissus testés avec une incorporation plus importante de DHA par rapport à l'EPA (ratio EPA/DHA > 1). Par ailleurs il est intéressant de noter que l'enrichissement en EPA et DHA chez les animaux supplémentés tend à être plus importante chez le groupe Rt (foie et muscles), de même que les différences d'incorporation entre EPA et DHA tendent à être moins marquées chez ces mêmes animaux (Tableau 1).

2.3. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur le poids, l'engraissement, l'ingéré de 3 à 39 semaines et la surface des muscles à l'abattage

Dès la 6^{ème} sem, nous observons un effet significatif ($p < 0,0001$) de la restriction sur le poids et l'ingéré des animaux. Un effet similaire est noté pour l'engraissement dès la première mesure de BIA (12 sem). Toutefois, aucun effet de la supplémentation en AGPI n'est observé sur ces paramètres tout au long de l'étude. Le poids moyen des animaux, à la fin de l'étude, est de 3,58 kg ($\pm 0,055$ kg) dans le groupe C, 3,54 kg ($\pm 0,036$ kg) dans le groupe A, 4,92 kg ($\pm 0,053$ kg) dans le groupe D et 4,85 kg ($\pm 0,056$ kg) dans le groupe B (Figure 1). Le pourcentage de masse grasseuse obtenu par BIA, à la fin de l'étude, est de 41,84 % dans le groupe C, 41,18 % dans le groupe A, 60,79 % dans le groupe D et 59,83 % dans le groupe B (Figure 1). De plus, nous montrons une corrélation positive entre ces résultats et ceux obtenus par analyse de la carcasse ($r = 0,92$, $p < 0,0001$) et par mesure du poids de gras abdominal ($r = 0,54$, $p < 0,0001$). Par conséquent, le BIA paraît être une méthode alternative permettant de s'affranchir de l'abattage des animaux. La quantité d'aliment ingéré, tout au long de la période étudiée, est de 101,75

g/poule/jour ($\pm 6,85$ g/poule/jour) dans le groupe Rt et $141,95$ g/poule/jour ($\pm 7,37$ g/poule/jour) dans le groupe Ad. A l'abattage (39 sem), la restriction alimentaire contrairement à la supplémentation a diminué significativement ($p < 0,05$) la surface du muscle pectoral majeur ($17,90 \text{ cm}^2 \pm 1,18 \text{ cm}^2$ pour le groupe Rt et $22,47 \text{ cm}^2 \pm 0,95 \text{ cm}^2$ pour le groupe Ad), du muscle pectoral mineur ($27,40 \text{ cm}^2 \pm 2,48 \text{ cm}^2$ pour le groupe Rt et $31,49 \text{ cm}^2 \pm 2,14 \text{ cm}^2$ pour le groupe Ad) ainsi que celle du sot-l'y-laisse ($4,78 \text{ cm}^2 \pm 0,28 \text{ cm}^2$ pour le groupe Rt et $6,53 \text{ cm}^2 \pm 0,25 \text{ cm}^2$ pour le groupe Ad). L'une des raisons qui peut expliquer l'absence d'effet de la supplémentation en AGPI est que la supplémentation a été utilisée à un trop faible taux (ici 1%) dans l'alimentation.

2.4. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur les concentrations plasmatiques de facteurs métaboliques et d'adipocytokines

Avant la ponte, le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques de triglycéride et augmente celles de l'adiponectine. Pendant cette même période on observe une augmentation des concentrations plasmatiques d'adiponectine et de visfatine et une diminution des concentrations plasmatiques de triglycérides chez les animaux supplémentés. A la 21^{ème} sem, au moment de l'entrée en ponte, le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques des phospholipides et augmente celle de l'insuline et de la chémérine. De plus, la supplémentation en AGPI augmente les concentrations plasmatiques de glucose et diminue celles de la chémérine. Après l'entrée en ponte (dès la 27^{ème} sem), le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques de triglycérides, de cholestérol et de phospholipides. Par ailleurs, les concentrations plasmatiques de glucose sont plus grandes chez les animaux supplémentés. De manière surprenante nous n'observons pas de régulation inversée entre les niveaux circulants de glucose et d'insuline. Aussi, nous constatons une corrélation positive de l'insulinémie avec l'adiponectinémie, la visfatinémie et la chémérinémie ainsi qu'une corrélation négative du pourcentage de masse grasse avec la chémérinémie et positive avec la visfatinémie.

2.5. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur l'expression des adipocytokines dans le tissu adipeux, le foie et le muscle

Les adipocytokines (ANGPTL4, angiopoïétin protéin like 4, adiponectine, chémérine et visfatine) sont des hormones sécrétées par le tissu adipeux mais qui sont aussi exprimées dans le foie et le muscle. Des études montrent une implication de ces adipocytokines dans le métabolisme lipidique (Wang et al. 2016) (Rabe et al. 2008). La détermination de l'effet du régime et de la supplémentation en AGPI sur l'expression des adipocytokines a été analysée comme décrit dans 1.8.

Ainsi, nous observons un effet significatif ($p \leq 0,05$) du régime sur l'expression du transcrite de la chémérine ($2,023 \pm 0,174$ pour le groupe Rt vs $2,650 \pm 0,253$ pour le groupe Ad) et de la visfatine ($0,176 \pm 0,012$ pour le groupe Rt vs $0,299 \pm 0,044$ pour le groupe Ad) dans le foie, de la chémérine ($0,053 \pm 0,004$ pour le groupe Rt vs $0,077 \pm 0,011$ pour le groupe Ad) dans le TA abd, de la chémérine ($0,460 \pm 0,085$ pour le groupe Rt vs $0,256 \pm 0,048$ pour le groupe Ad), de ANGPTL ($0,519 \pm 0,102$ pour le groupe Rt vs $0,107 \pm 0,022$ pour le groupe Ad) et de l'adiponectine ($1,641 \pm 0,261$ pour le groupe Rt vs $0,741 \pm 0,133$ pour le groupe Ad) dans le TA sc et aucun effet dans le Pecto. D'autre part nous montrons un effet significatif ($p \leq 0,05$) de la supplémentation sur l'expression du transcrite de ANGPTL ($0,013 \pm 0,002$ pour le groupe supplémenté vs $0,018 \pm 0,003$ pour le groupe non supplémenté) et de l'adiponectine ($0,002 \pm 0,0004$ pour le groupe supplémenté vs $0,001 \pm 0,0001$ pour le groupe non supplémenté) dans le foie, de l'adiponectine ($0,031 \pm 0,004$ pour le groupe supplémenté vs $0,016 \pm 0,002$ pour le groupe non supplémenté) dans le Pecto et dans le TA sc ($0,752 \pm 0,165$ pour le groupe supplémenté vs $1,575 \pm 0,242$ pour le groupe non supplémenté) et aucun effet dans le TA abd.

CONCLUSION

En conclusion, nous montrons que la quantité et la composition lipidique de l'alimentation apportée aux animaux au cours de leur développement influence leur état corporel. De plus, dans cette étude nous observons que l'état corporel et plus particulièrement l'état d'engraissement des poules peut être évalué par BIA, une méthode permettant de s'affranchir de la mise à mort des animaux. Cependant les calculs utilisés ne permettent pas d'obtenir de résultats pour des animaux âgés de moins de 12 sem. Par ailleurs, nous n'avons aucune indication de l'effet des pinces à l'électrode sur le niveau de stress des animaux. En outre, nous montrons que la visfatine l'adiponectine et la chémérine sont présentes au niveau plasmatique et tissulaire chez la poule. Aussi, nous démontrons que leur expression varie au cours du temps et est sensible à l'état nutritionnel et corporel de l'animal. Les concentrations plasmatiques de chémérine et de visfatine sont liées à la masse grasse de l'animal ce qui en fait des indicateurs potentiels de l'état corporel chez la poule. Ainsi, grâce à cette étude nous pouvons dire que la restriction alimentaire et la supplémentation en AGPI modifient les paramètres métaboliques ainsi que les sécrétions des adipocytokines chez la poule reproductrice. De plus nous apportons deux outils supplémentaires (BIA et analyse plasmatique d'adipocytokines) susceptibles d'être utilisés en routine par les éleveurs pour détecter d'éventuels désordres du métabolisme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **de Jong, I. C.**, S. van Voorst, D. A. Ehlhardt, and H. J. Blokhuis, 2002. Effects of Restricted Feeding on Physiological Stress Parameters in Growing Broiler Breeders. *British Poultry Science* 43(2): 157–168.
- **Diot, M.**, Reverchon, M., Ramé, C., Froment, P., Dupont, J., 2015. Expression of adiponectin, chemerin and visfatin in plasma and different tissues during a laying season in turkeys. *Reproductive biology and endocrinology* 13:81.
- **Morrison, W.R.**, Smith, L.M, 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl esters from lipids with boron fluoride methanol. *Journal of Lipid Research* 5: 600-608
- **Poniedzialek-Czajkowska**, Elzbieta, Radzislav Mierzynski, Zaneta Kimber-Trojnar, Bozena Leszczynska-Gorzalak, and Jan Oleszczuk, 2014. Polyunsaturated Fatty Acids in Pregnancy and Metabolic Syndrome: A Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 15(1): 84–99.
- **Rabe**, Katja, Michael Lehrke, Klaus G. Parhofer, and Uli C. Broedl, 2008. Adipokines and Insulin Resistance. *Molecular Medicine (Cambridge, Mass.)* 14(11–12): 741–751.
- **Richards, M. P.**, and M. Proszkowiec-Weglarz, 2007. Mechanisms Regulating Feed Intake, Energy Expenditure, and Body Weight in Poultry. *Poultry Science* 86(7): 1478–1490.
- **Wang, Yi**, Li-Ming Liu, Li Wei, et al., 2016. Angiopoietin-like Protein 4 Improves Glucose Tolerance and Insulin Resistance but Induces Liver Steatosis in High-Fat-Diet Mice. *Molecular Medicine Reports* 14(4): 3293–3300.

Tableau 1. Effet du régime restreint (Rt) vs ad libitum (Ad) et de la supplémentation en AGPI (Supp) sur la composition en acide gras (DHA et EPA) représentée en % de lipides totaux dans le jaune d’œufs (JO), le tissu adipeux abdominal (TA abd), le muscle (filet et cuisse) et le foie. Les valeurs sont représentées selon des moyennes $\pm$ SEM.

		Ad			Rt		
		Contrôle (Ctrl)	Supp	Ratio Supp/Ctrl	Contrôle	Supp	Ratio Supp/Ctrl
JO	DHA	0,065 $\pm$ 0,009	0,114 $\pm$ 0,010	1,753	0,065 $\pm$ 0,016	0,130 $\pm$ 0,012	2
	EPA	1,339 $\pm$ 0,110	2,191 $\pm$ 0,108	1,636	1,337 $\pm$ 0,114	2,117 $\pm$ 0,108	1,583
	ratio EPA/DHA	20,6	19,219		20,569	16,284	
TA abd	DHA	0,017 $\pm$ 0,003	0,031 $\pm$ 0,004	1,802	0,021 $\pm$ 0,006	0,044 $\pm$ 0,014	2,095
	EPA	0,033 $\pm$ 0,004	0,043 $\pm$ 0,008	1,303	0,036 $\pm$ 0,004	0,073 $\pm$ 0,021	2,027
	ratio EPA/DHA	1,941	1,387		1,714	1,659	
Filet	DHA	0,089 $\pm$ 0,009	0,290 $\pm$ 0,033	3,258	0,079 $\pm$ 0,011	0,335 $\pm$ 0,046	4,240
	EPA	1,117 $\pm$ 0,064	1,718 $\pm$ 0,221	1,538	1,006 $\pm$ 0,128	2,172 $\pm$ 0,281	2,159
	ratio EPA/DHA	12,550	5,924		12,734	6,483	
Cuisse	DHA	0,126 $\pm$ 0,032	0,245 $\pm$ 0,039	1,944	0,079 $\pm$ 0,016	0,145 $\pm$ 0,002	1,835
	EPA	0,416 $\pm$ 0,077	0,598 $\pm$ 0,039	1,437	0,458 $\pm$ 0,067	0,725 $\pm$ 0,029	1,582
	ratio EPA/DHA	3,301	2,440		5,797	5	
Foie	DHA	0,022 $\pm$ 0,010	0,046 $\pm$ 0,004	2,090	0,064 $\pm$ 0,018	0,130 $\pm$ 0,021	2,031
	EPA	2,143 $\pm$ 0,212	1,494 $\pm$ 0,355	0,697	2,846 $\pm$ 0,232	4,507 $\pm$ 0,639	1,583
	ratio EPA/DHA	97,409	32,478		44,468	34,669	

Figure 1. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur le poids et l’engraissement. A : restreint + omega 3 ; B : ad libitum + omega 3 ; C : restreint – omega 3 ; D : ad libitum – omega3

