



Influence du taux de méthionine dans l'aliment de la cane commune sur les performances de gavage de ses descendants mulards : une question de programmation métabolique précoce et d'épigénétique ?

Jean- Michel J.- . M. Brun, Benjamin B. Basso, Marie-Dominique M.-D. Bernadet, Alexis Cornuez, Sophie S. Leroux, Michel Lessire, Nadine N. Sellier, Frederique Pitel, Mireille Morisson

► To cite this version:

Jean- Michel J.- . M. Brun, Benjamin B. Basso, Marie-Dominique M.-D. Bernadet, Alexis Cornuez, Sophie S. Leroux, et al.. Influence du taux de méthionine dans l'aliment de la cane commune sur les performances de gavage de ses descendants mulards : une question de programmation métabolique précoce et d'épigénétique ?. 10. Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Institut Technique de l'Aviculture et des Elevages de Petits Animaux (ITAVI). FRA.; Comité Interprofessionnel des Palmipèdes à Foie Gras (CIFOG). FRA.; Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). FRA., Mar 2013, La Rochelle, France. 279 p. hal-02750240

HAL Id: hal-02750240

<https://hal.inrae.fr/hal-02750240>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**INFLUENCE DU TAUX DE METHIONINE DANS L'ALIMENT DE LA CANE
COMMUNE SUR LES PERFORMANCES DE GAVAGE DE SES DESCENDANTS
MULARDS : UNE QUESTION DE PROGRAMMATION METABOLIQUE
PRECOCE ET D'EPIGENETIQUE ?**

**Brun Jean-Michel¹, Basso Benjamin¹, Bernadet Marie-Dominique², Cornuez Alexis²,
Leroux Sophie³, Lessire Michel⁴, Sellier Nadine⁵, Pitel Frédérique³ et Morisson Mireille³**

¹INRA, UR631 Station d'Amélioration Génétique des Animaux, F-31326 Castanet-Tolosan,

²INRA, UE89 Unité Expérimentale sur les Palmipèdes à Foie Gras, F-40280 Benquet,

³INRA-ENVT, UMR444 Laboratoire de Génétique Cellulaire, F-31326 Castanet-Tolosan,

⁴INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly,

⁵INRA, UE1295, Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours, F-37380 Nouzilly

jean-michel.brun@toulouse.inra.fr

RÉSUMÉ Les caractéristiques zootechniques d'un animal peuvent être influencées par des facteurs de milieu très précoces notamment nutritionnels. On parle de « programmation métabolique » pouvant impliquer des mécanismes épigénétiques. Chez le canard mular, hybride de la cane commune et du mâle Barbarie, nous nous sommes intéressés à l'influence de la teneur en méthionine de l'aliment maternel distribué entre l'âge de 10 semaines et le moment de la procréation des mulars. La méthionine a été choisie en raison de son rôle épigénétique comme facteur de méthylation de l'ADN. L'expérience a mis en jeu 98 mulars des 2 sexes, issus de canes ayant reçu des régimes différant par la teneur en méthionine : teneur faible (M_0), intermédiaire (M_1) et témoin (T). Les mulars étaient gavés en 12 jours (23 repas) à partir de l'âge de 12 semaines puis abattus. Les poids vifs aux âges de 4, 8, 12 et 14 semaines, le poids de carcasse à l'abattage, le poids du foie gras, le poids du magret et le rapport (peau + gras / muscle du magret), un indicateur de l'engraissement sous-cutané de la carcasse ont été contrôlés. Ces caractères ont été analysés par analyse de variance avec les effets fixés de l'aliment maternel, du sexe du mular, du père Barbarie et de l'interaction aliment x sexe. L'effet du régime maternel est significatif sur les poids corporels à 8, 12 et 14 semaines ($M_0=M_1<T$) et l'engraissement du magret ($M_0>M_1>T$, $p=0,09$). Le résultat le plus frappant est l'interaction significative entre l'aliment maternel et le sexe sur le poids du foie gras ($p<0,01$) : chez les mâles, le classement des régimes est : $M_0>M_1=T$ et chez les femelles : $T>M_1=M_0$. L'augmentation du poids du foie gras des mâles de l'ordre de 20% pourrait être mise à profit pour réduire la durée du gavage et les coûts correspondants.

ABSTRACT

Effects of methionine contents of the feed of the common duck female on the force-feeding performances of the mule duck offspring: a question of nutritional imprinting and epigenetics?

The zootechnical characteristics of an animal can be influenced by very early environmental factors, such as nutritional factors. This "nutritional imprinting" may involve epigenetics phenomena. For mule ducks, hybrids from common duck females and Muscovy drakes, the effects of the methionine contents of the maternal diet, given between 10 weeks of age and mule duck procreation period was investigated. Methionine was chosen for its epigenetics role in DNA methylation. The experiment involved 98 mule ducks of both sexes, the dams of which were fed diets with 3 methionine contents: low (M_0), intermediate (M_1) and control (C). At 12 weeks of age mule ducks were force-fed during 12 days (23 meals). Body weight (BW) is recorded at 4, 8, 12 and 14 weeks of age. Carcass weight, fat liver weight, magret (fatted pectoral muscle) weight and the ratio [skin + fat/muscle] of the magret, an indicator of peripheral fattening of the carcass are measured on slaughtered animals. These traits were studied by analysis of variance with maternal diet, sex, Muscovy sire and diet by sex interaction for fixed effect. The maternal diet had a significant effect on BW8, BW12 and BW14 ($M_0=M_1<C$) and magret fatness ($M_0>M_1>C$, $p=0.09$). The most striking result was the significant interaction between maternal diet and sex on the fat liver weight ($p<0.01$): for males, the ranking of the diets was: $M_0>M_1=C$ and for the females: $T>M_1=M_0$. This 20% increase in liver weight of the male mule ducks could be valorized by a decrease of force-feeding duration and the corresponding costs.

INTRODUCTION

L'expression du potentiel génétique d'un individu est influencée par de nombreux facteurs de milieu tout au long de son développement. Des influences s'exerçant à des stades précoces de développement, embryonnaire par exemple, peuvent avoir un impact à long terme tant au niveau structural (taille, morphologie, croissance) (Demarly, 1977), que physiologique et métabolique (Parnet *et al.*, 2007). Chez les mammifères, une sous-nutrition intra-utérine, par exemple, a des répercussions sur la santé à l'âge adulte (Junien, 2005). Cette programmation précoce de certains caractères est également démontrée chez les oiseaux (Frésard *et al.*, soumis). Parmi les mécanismes en cause se trouvent des phénomènes épigénétiques, comme la méthylation de l'ADN, qui constitue une mémoire de l'environnement précoce et permet une adaptation à ce milieu en modifiant l'expression ultérieure des gènes. L'objectif de la présente étude est de rechercher cette programmation précoce chez le mulard gavé, en modifiant expérimentalement les paramètres nutritionnels (ou biochimiques) des réserves de l'œuf via l'alimentation de sa mère. Nous avons ainsi étudié les caractères de croissance et de gavage de mulards mâles et femelles issus de canes communes ayant reçu des régimes à teneurs différentes en méthionine, un facteur de méthylation de l'ADN.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et dispositif expérimental

L'expérience a été conduite à l'Unité Expérimentale des Palmipèdes à Foie Gras (INRA Benquet). Quinze canes communes de la souche expérimentale INRA444 sont réparties en 3 lots recevant un aliment granulé à teneur variable en méthionine : teneur faible (2,6g/kg), intermédiaire (3,2g/kg) et témoin (4,2 g/kg). L'aliment, fabriqué au Pôle Expérimental Avicole de Tours (INRA Nouzilly), est distribué aux canes entre l'âge de 10 semaines (mise en cages de reproduction) et la procréation des descendants mulards, à l'âge de 31-32 semaines. Pour chaque lot, environ 30 mulards des 2 sexes sont procréés. Après un pré-gavage en rationnement horaire, ils sont mis en gavage à l'âge de 12 semaines et gavés en 23 repas.

1.2. Caractères analysés

Nous avons analysé les poids corporels aux âges de 4, 8 et 12 semaines, le poids à l'abattage, les gains de poids entre âges consécutifs, le poids du foie, le poids du magret (analysé en poids du muscle d'une part et de l'ensemble 'peau + gras sous-cutané' d'autre part) et le pourcentage de peau cumulé au gras du magret,

un indicateur de l'engraissement sous-cutané du canard mulard.

1.3. Analyses statistiques

Les caractères des canards mulards ont été analysés par analyse de variance avec les effets fixes du régime maternel, du sexe, du père Barbarie et de l'interaction sexe x régime. Une interaction significative indique que l'effet du régime est spécifique du sexe, ou encore que le régime influence le dimorphisme sexuel. Afin d'approfondir l'analyse de cet effet, nous utilisons un 2^{ème} modèle, en considérant la mère du mulard comme individu statistique et en analysant la différence Δ entre la moyenne de ses fils et de ses filles, ainsi que ces moyennes elles-mêmes. Ceci permet d'éviter la confusion qui pourrait résulter du fait que certaines mères n'ont produit que des fils, ou que des filles, confusion entre l'effet de la mère (et donc du régime) et celui du sexe.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats concernant les mulards sont présentés dans les tableaux 1 et 2, en omettant volontairement l'effet du mâle Barbarie. En ce qui concerne les canes reproductrices elles-mêmes, nous n'avons pas observé d'effet de leur régime alimentaire sur leurs performances zootechniques de croissance et de poids adulte, de consommation alimentaire, de ponte et de fécondité. Le taux de méthionine de l'aliment s'est répercuté dans le sang (0,78 ; 1,21 et 1,59mg/100g pour les régimes M0, M1 et T respectivement) et dans les œufs (2,05 ; 2,21 et 2,16%, respectivement).

Effet du sexe : Le mulard est connu pour son faible dimorphisme sexuel comparé au Barbarie ou au hinny (le croisement réciproque du mulard) (Brun *et al.*, 2005). Le sexe influence cependant la quasi-totalité des caractères analysés. Les mâles ont un poids corporel supérieur à celui des femelles, et un poids de foie et de magret en rapport avec le poids corporel. Ils présentent également un engraissement sous-cutané supérieur à celui des femelles, comme l'indique le pourcentage de gras du magret.

Effet du régime maternel : le régime a un effet significatif sur tous les caractères pondéraux du mulard entre l'âge de 4 semaines et la fin du gavage. Les régimes carencés en méthionine diminuent les poids corporels de l'ordre de 5%, sans que l'on observe de différence entre les 2 niveaux de carence. Cet effet défavorable d'une déficience en méthionine du régime maternel a été observé chez le poulet (Larbier et Blum, 1975). Le poids du muscle du magret est affecté en proportion du poids corporel. Le régime maternel n'affecte pas le gain de poids pendant le gavage, indiquant qu'il n'affecte globalement pas la capacité d'ingestion de la ration de

gavage, la croissance et surtout la lipogenèse pendant le gavage. De façon intéressante, l'engraissement sous-cutané du mulard est modifié par le régime maternel : une carence en méthionine prédispose à un plus fort engraissement sous-cutané, aussi bien chez les mâles que chez les femelles. Ainsi, le taux de méthionine du régime maternel semble influencer la répartition corporelle des triglycérides issus de la lipogenèse.

Interaction sexe x régime : de façon intéressante, on observe une interaction significative entre le régime maternel et le sexe sur le poids du foie gras. Chez les mâles, le classement des régimes est : $M_0 > M_1 = T$ et chez les femelles : $T > M_1 = M_0$ (figure 1). Cet effet spécifique du sexe est confirmé par l'analyse de la variable Δ , indicatrice du dimorphisme sexuel du poids du foie (Tableau 2). Cette analyse suggère aussi que ce serait plus par un effet sur le poids du foie des femelles que se créerait ce dimorphisme, sans exclure un effet (inverse) sur le poids des mâles. Ces effets sexe-spécifiques sont plutôt en faveur de mécanismes épigénétiques. Ainsi, des effets sexe-spécifiques ont été observés dans une expérience comparable, réalisée chez le mouton, où les mères recevaient un régime appauvri en donneurs de groupement méthyle (Sinclair *et al.*, 2007). Ces effets concernaient la composition corporelle à l'âge de 22 mois mais aussi les marques épigénétiques chez le fœtus. De même, mais avec un modèle expérimental différent (souris obèses, régime hyper-lipidique), des effets sexe-

spécifiques ont été observés sur le métabolisme hépatique et les marques épigénétiques (Wu *et al.*, 2012). Le parallélisme observé chez les femelles entre le gain de poids entre 4 et 8 semaines et le poids du foie suggère que la croissance de l'animal durant cette phase pourrait être un déterminant précoce de la formation du foie gras. De façon intéressante, ce caractère montre une interaction sexe x régime significative au niveau $p=0,09$, illustrée à la figure 1.

CONCLUSION

Cette étude montre que plusieurs caractères du mulard sont influencés par le taux de méthionine du régime maternel, indiquant que des facteurs nutritionnels précoces, s'exerçant au stade embryonnaire, voire au niveau de l'ovule, conditionnent des phénotypes ultérieurs. Sur le poids du foie gras, cette influence semble être spécifique du sexe du mulard, avec de faibles teneurs en méthionine favorables chez les mâles et défavorables chez les femelles. Ces résultats préliminaires sont en cours de vérification dans une réplication de cette expérience. Si ces résultats sont confirmés, une application pratique serait envisageable, moyennant une recherche d'effets collatéraux défavorables (fertilité des canes, qualité des foies et des magrets...). Par ailleurs, une recherche des mécanismes pourrait être entreprise, et en particulier de mécanismes d'ordre épigénétique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel des unités expérimentales UEPFG et PEAT, l'ANR EpiBird, cadre de cette étude, le DGA et le CIFOG pour l'intérêt qu'ils portent à ces travaux et leur soutien financier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brun J.M., Richard M.M., Marie-Etancelin C., Rouvier R., Larzul C., 2005. INRA Prod. Anim., (18), 295-308.
 Brun J.M., Basso B., Bernadet M.D., Cornuez A., Sellier N., Leroux S., Lessire M., Pitel F., Morisson M., 2012. Oral n° 25, Colloque fondateur SF-DOHaD, 8-9 novembre 2012, Paris.
 Larbier M., Blum J.C., 1975. CR Acad. Sci., Paris, 12 mai 1975.
 Demarly, Y., 1977. Génétique et Amélioration des plantes. Collection Sciences Agronomiques, Masson Ed., 287pp.
 Frésard L., Morisson M., Brun J.M., Collin A., Pain B., Minvielle F., Pitel F., 2013. Soumis à Genet. Sel. Evol.
 Junien C., 2005. Med. Sci. Paris, (21), 396-404.
 Parnet P., Bolanos-Jimenez V., Amarger A., 2007. Obes., (2), 158-165.
 Sinclair K.D., Allegrucci C., Singh R., Gardner D.S., Sebastian S., Bispham J., Thurston A., Huntley J., Rees W.D., Maloney C.A., Lea R.G., Graigon J., McEvoy T.G., Young L.E., 2007. PNAS, (104), 19351-56.
 Wu Q., Laloë D., Jaffrezic F., Attig L., Vigé A., Beauger A., Gabory A., Jouneau L., Junien C., 2012. Poster n° 58, Colloque fondateur SF-DOHaD, 8-9 novembre 2012, Paris.

Tableau 1. Signification et estimation des effets sexe, régime maternel et de leur interaction

	Significativité (1)			Moyennes des moindres carrés $\pm$ écart-type (2)				
				Effet du sexe		Effet du régime maternel (3)		
	Sexe (S)	Régime (R)	Interaction S x R	Mâles n=49	Femelles n=49	M0 n=28	M1 n=35	T n=35
Poids à 4 sem. (g)	***	ns	ns	1348 $\pm$ 13a	1172 $\pm$ 12b	1241 $\pm$ 15	1283 $\pm$ 17	1257 $\pm$ 18
Poids à 8 sem. (g)	***	*	ns	2807 $\pm$ 23a	2554 $\pm$ 21b	2639 $\pm$ 25b	2656 $\pm$ 29b	2747 $\pm$ 29a
Poids à 12 sem. (g)	***	***	ns	3588 $\pm$ 29a	3361 $\pm$ 27b	3431 $\pm$ 33b	3368 $\pm$ 37b	3625 $\pm$ 38a
Poids à 14 sem. (g)	***	**	ns	5347 $\pm$ 43a	4910 $\pm$ 40b	5092 $\pm$ 48b	5012 $\pm$ 55b	5283 $\pm$ 55a
Gain de poids 4-8 sem. (g)	***	***	p=0,09	1458 $\pm$ 16a	1382 $\pm$ 14b	1398 $\pm$ 17b	1372 $\pm$ 20b	1439 $\pm$ 20a
Gain de poids 8-12 sem. (g)	ns	**	ns	780 $\pm$ 27	805 $\pm$ 24	787 $\pm$ 30b	709 $\pm$ 34b	880 $\pm$ 34a
Gain de poids 12-14 sem. (g)	***	ns	ns	1760 $\pm$ 31a	1548 $\pm$ 29b	1661 $\pm$ 34	1641 $\pm$ 40	1659 $\pm$ 40
Poids du foie (g)	*	ns	**	537 $\pm$ 14a	491 $\pm$ 13b	515 $\pm$ 16	497 $\pm$ 19	529 $\pm$ 19
Poids muscle magret (g)	*	p=0,10	ns	232 $\pm$ 3a	224 $\pm$ 2b	225 $\pm$ 3	225 $\pm$ 4	234 $\pm$ 4
Poids [peau+gras] magret (g)	***	ns	ns	126 $\pm$ 2a	114 $\pm$ 2b	123 $\pm$ 3	119 $\pm$ 3	119 $\pm$ 3
Poids magret (g)	***	ns	ns	358 $\pm$ 4a	338 $\pm$ 3b	348 $\pm$ 4	344 $\pm$ 5	353 $\pm$ 5
Ratio [peau+gras]/magret (%)	*	p=0,09	ns	35,3 $\pm$ 0,5a	33,7 $\pm$ 0,5b	35,4 $\pm$ 0,5a	34,5 $\pm$ 0,6ab	33,6 $\pm$ 0,6b

(1) ns=non significatif ; * : 0,01<p<0,05 ; ** : 0,001<p<0,01 ; *** : p<0,001

(2) Intra facteur, les moyennes n'ayant aucune lettre en commun sont différentes au niveau p=0,05

(3) M0, M1, T : régimes à taux de méthionine minimal, intermédiaire et témoin, respectivement.

Tableau 2. Analyse du dimorphisme sexuel (Δ = moyM - moyF, moyenne des descendants mâles d'une cane moins moyenne de ses descendants femelles) en fonction du régime (n=5)

		Régime (1)			
		significativité	M0	M1	T
Gain de poids 4-8 sem. (g)	Δ	p=0,07	135 $\pm$ 35a	125 $\pm$ 33a	16 $\pm$ 34b
	moyM	ns	1479 $\pm$ 33	1451 $\pm$ 31	1503 $\pm$ 31
	moyF	*	1345 $\pm$ 40b	1326 $\pm$ 38b	1487 $\pm$ 42a
Poids du foie (g)	Δ	*	147 $\pm$ 33a	49 $\pm$ 31ab	-33 $\pm$ 34b
	moyM	ns	594 $\pm$ 38	512 $\pm$ 35	534 $\pm$ 39
	moyF	*	447 $\pm$ 27a	463 $\pm$ 25a	567 $\pm$ 28b

(1) M0, M1, T : régimes à taux de méthionine minimal, intermédiaire et témoin, respectivement.

Figure 1. Illustration de l'interaction sexe x régime pour les caractères où elle est significative (p<0,01 pour le poids du foie et p=0,09 pour le gain de poids 6-13 sem.)

