



# Sélection génétique et amélioration de l'efficacité alimentaire des canards

## Amélioration de la consommation résiduelle des canards mulards : paramètres génétiques et réponses à la sélection

**Mots-clés :** Consommation résiduelle, Canards mulards, Canards de Barbarie, Paramètres génétiques

**Auteurs :** Laurence Drouilhet<sup>1,2,3</sup>, Benjamin Basso<sup>4</sup>, Marie-Dominique Bernadet<sup>5</sup>, Alexis Cornuez<sup>5</sup>, Loys Bodin<sup>1,2,3</sup>, Ingrid David<sup>1,2,3</sup>, Hélène Gilbert<sup>1,2,3</sup>, Christel Marie-Etancelin<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR1388 Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage, F-31326 Castanet-Tolosan, France ; <sup>2</sup> Université de Toulouse INPT ENSAT, UMR1388 Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage, F-31326 Castanet-Tolosan, France ; <sup>3</sup> Université de Toulouse INPT ENVT, UMR1388 Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage, F-31076 Toulouse, France ; <sup>4</sup> ITSAP, UR 406, Abeille et Environnement, Domaine Saint Paul - Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France ; <sup>5</sup> INRA, UE89 Unité expérimentale sur les Palmipèdes à Foie Gras, Artiguères, F-40280 Benquet, France

\* E-mail de l'auteur correspondant : [laurence.drouilhet@toulouse.inra.fr](mailto:laurence.drouilhet@toulouse.inra.fr)

L'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux peut être réalisée par sélection génétique. Ainsi, une expérience de sélection de canards mâles de Barbarie sur la consommation résiduelle de leurs descendants mulards a été réalisée sur deux générations. Cette sélection diminue significativement la consommation résiduelle des animaux, ainsi que leur indice de consommation pendant la phase de croissance, sans pour autant altérer leur capacité à produire du foie gras.

### Résumé :

L'étude présentée ici est la première étude qui explore la génétique de la croissance et de l'efficacité alimentaire en canard de Barbarie basée sur les performances de leurs descendants mulards. Une expérience de sélection divergente sur la consommation résiduelle (CR) a débuté en 2009 à l'INRA (SAGA, Toulouse en collaboration avec UEFPFG, Artiguères), son objectif étant de sélectionner des canards mâles de Barbarie sur l'efficacité alimentaire de leurs descendants mulards et d'évaluer les réponses à la sélection sur la qualité et le poids des foies. Cette étude décrit les paramètres génétiques des caractères enregistrés pendant la croissance et les réponses à la sélection après deux générations de sélection sur les principaux caractères de production, comme la consommation alimentaire et les caractéristiques du foie gras. En maintenant ou en améliorant la sélection grâce à des données individuelles, on pourrait espérer réduire l'IC des animaux d'au moins 0,02 point par génération.

### Abstract: Genetic selection and improvement of feed efficiency in ducks

The study presented here is the first to explore the genetics of growth and feed efficiency in Muscovy ducks based on the performances of their Mulard offspring. A divergent selection experiment on residual intake began in 2009 at INRA (SAGA, Toulouse in partnership with UEFPFG, Artiguères) with the objective of selecting male Muscovy ducks on feed efficiency and their Mulard offspring and to evaluate the selection responses on the quality and weight of their livers. This study describes the genetic parameters of traits recorded during growth and selection responses after two generations of selection on the main production traits such as food intake and fatty liver characteristics. By maintaining or improving selection using individual data, we hope to decrease the intake index of the animals by at least 0.2 points per generation.

## INTRODUCTION

En France, plus de 95% de la production de foie gras provient de canards mâles mulards, hybrides stériles issus d'un croisement entre une cane commune (*Anas platyrhynchos*) et un canard de Barbarie (*Cairina moschata*). Les qualités reconnues du mâle mulard sont sa robustesse, ses capacités à être gavé, le poids et la qualité de son foie gras (Marie-Etancelin et al., 2008). Pendant la phase d'élevage, l'aliment représente plus de 55% des coûts de production (Chambre d'agriculture Dordogne, 2010). Par comparaison avec d'autres productions de volailles, le canard, et en particulier le canard mulard, a un indice de consommation (IC) élevé pendant la phase de croissance (supérieur à 3,2 kg d'aliment par kg de poids vif de 28 à 84 jours). Un des principaux enjeux de la sélection est d'améliorer l'efficacité alimentaire des canards sans toutefois modifier leur capacité à être gavés à la fin de la phase de croissance. L'amélioration de l'efficacité alimentaire peut être réalisée par sélection génétique,

## I. MATERIEL ET METHODES

### I.1. Etablissement de la G0

La sélection génétique divergente a été effectuée à partir de la lignée Barbarie INRA I66.

Initialement 83 canards mâles de Barbarie ont été testés sur descendance *via* la procréation de 660 canards mulards

### I.2. Conduite de la sélection en G1 et G2

La sélection dans chaque lignée a ensuite été conduite de la façon suivante : génération G1, 55 femelles et 55 mâles Barbarie ont été procréés à partir des mâles fondateurs et 36 femelles de la G0. Parmi ces mâles, 48 ont été accouplés à 192 femelles Pékin pour produire des fratries de 9 demi-frères par père en 2 lots d'éclosion. Ces canards mulards mâles ont été élevés en lots et contrôlés entre 4 et 7 semaines d'âge. Afin de mesurer la quantité de nourriture consommée, les demi-frères de pères ont été placés dans une même mini-loge (9 canards mulards par mini-loge). Une quantité individuelle consommée a été estimée pour chaque canard comme la moyenne de la consommation de sa mini-loge. Les mesures de poids (en début et en fin de période de

### I.3. Estimation de la consommation résiduelle

La CR a été calculée comme le résidu de la régression linéaire multiple phénotypique suivante :

$$CMJ = \mu + \alpha \text{ GMQ} + \beta \text{ pm} - \delta \text{ (qté lipides)} + CR.$$

La CMJ représente la consommation moyenne journalière entre 3 et 7 semaines d'âge. Le pm correspond au poids métabolique en fin de test (poids vif à 7 semaines à la

### I.4. Phénotypage fin

Les canards mulards descendants des mâles Barbarie G2 ont été gavés (à 12 semaines d'âge, pendant 12 jours à raison de 25 repas distribués) et abattus afin d'obtenir des données

### I.5. Estimation de l'effet de la sélection

Les effets fixes inclus dans les modèles ont été testés en utilisant un modèle linéaire (procédure GLM, SAS v 9.1.3 SAS Inst. Inc. Cary, NC.). Pour les caractères de croissance, les effets positionnement de la mini-loge dans le bâtiment, lot d'éclosion, génération, lignée et interaction lignée x

directement sur l'IC ou par le biais de caractères alternatifs. La sélection sur la consommation résiduelle (CR) a été proposée pour la première fois par Koch et al. (1963). Elle représente la consommation non expliquée par les besoins d'entretien, de croissance et d'engraissement des animaux, c'est-à-dire la consommation corrigée des différences de performance et de poids. Une expérience de sélection divergente sur la CR a débuté en 2009 à l'INRA (SAGA, Toulouse en collaboration avec UEPPFG, Artiguères), son objectif étant de sélectionner des canards mâles de Barbarie sur l'efficacité alimentaire de leurs descendants mulards et d'évaluer les réponses à la sélection sur la qualité et le poids des foies. Cette étude décrit les paramètres génétiques des caractères enregistrés pendant la croissance et les réponses à la sélection après deux générations de sélection sur les principaux caractères de production, comme la consommation alimentaire et les caractéristiques du foie gras.

en 2 lots d'éclosion à partir de 150 femelles Pékin commerciales. L'indexation de ces animaux (voir plus loin) a permis de sélectionner les 8 mâles fondateurs de la lignée CRhaute et 8 mâles fondateurs de la lignée CRbasse.

contrôle) et l'estimation de l'engraissement corporel par TOBEC (TOtal Body Electrical Conductivity) en fin de période de contrôle ont, quant à elles, été réalisées individuellement sur chaque canard mulard. Ces valeurs TOBEC en fin de contrôle permettent de déterminer la quantité de lipides des animaux grâce à une équation pré-établie (Cornuez et al., 2013). Les performances des canards mulards ont été utilisées dans une évaluation génétique pour indexer les pères Barbarie G1 sur leur descendance. Les 8 pères présentant l'index le plus élevé pour la CR (CRhaute) ou le plus faible (CRbasse) sont ensuite retenus pour procréer la génération G2 selon les mêmes modalités.

puissance 0,75), il permet de prendre en compte les besoins d'entretien. Le GMQ (gain moyen quotidien entre 3 et 7 semaines d'âge) permet de prendre en compte les besoins de croissance et la quantité de lipides la variabilité de la composition du gain de poids.

liées à la composition de la carcasse (poids de carcasse, de gras abdominal, de peau de magret, de muscle de magret, de cuisse) et à la qualité du foie (poids de foie et taux de fonte).

génération ont été retenus. Pour les caractères de carcasse (mesures en G2 uniquement), les effets du positionnement de la mini-loge dans le bâtiment, du découpeur, de la date d'abattage et de la lignée ont été utilisés.

## I.6. Estimation des composantes de variance

Les paramètres génétiques des caractères de croissance ont été estimés en utilisant la méthodologie REML (REstricted Maximum Likelihood) appliquée à un modèle père-mère pour tous les caractères en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour et al., 2009) avec 3 effets aléatoires (effet additif du père, de la mère et de l'environnement commun

de la mini-loge) et l'effet fixe du lot. Les données de pedigree comportent les animaux de la G0 à la G2 des deux lignées divergentes, ainsi que les ancêtres sur 5 générations, c'est-à-dire un total de 3 963 animaux dont 2 016 canards mulards, 1 104 canards de Barbarie et 843 canards Pékin.

## II. RESULTATS

### II.1. Estimation des héritabilités, des corrélations phénotypiques et génétiques

Les valeurs d'héritabilité estimées pour la CR et le poids vif à 7 semaines (sem.) sont élevées (Tableau 1). Celles pour l'IC, le GMQ et la quantité totale de lipides corporels sont moyennes. L'analyse des **corrélations phénotypiques** montre que la corrélation entre la CR et l'IC est positive et moyenne (Tableau 1). L'IC est corrélé négativement avec le poids à 7 sem., le GMQ et la quantité de lipides corporels. Le poids à 7 sem. est corrélé positivement et fortement avec le GMQ et la quantité de lipides corporels. La corrélation

entre le GMQ et la quantité de lipides corporels est également positive et élevée.

Le Tableau 1 présente également les **corrélations génétiques** des caractères mesurés pendant la croissance. La CR est fortement corrélée à l'IC, mais pas aux autres caractères. L'IC est négativement corrélé au GMQ mais non corrélé au poids à 7 sem. ou à la quantité de lipides. Le GMQ est fortement corrélé au poids à 7 sem. et à la quantité de lipides.

**Tableau 1 : Héritabilités, corrélations phénotypiques et génétiques**

	CR	IC	Poids à 7 sem.	GMQ	Quantité de lipides	h <sup>2</sup>
CR		0,47 (0,03)	0,01 (0,05)	0,06 (0,04)	0,02 (0,05)	0,83 (0,42)
IC	0,99 (0,18)		-0,48 (0,04)	-0,78 (0,02)	-0,50 (0,03)	0,41 (0,18)
Poids à 7 sem.	0,09 (0,37)	-0,12 (0,32)		0,74 (0,02)	0,91 (0,01)	0,63 (0,27)
GMQ	-0,16 (0,47)	-0,60 (0,29)	0,76 (0,19)		0,70 (0,02)	0,39 (0,22)
Quantité de lipides	0,33 (0,38)	-0,00 (0,37)	0,98 (0,03)	0,60 (0,29)		0,44 (0,25)

Corrélations génétiques sous la diagonale, corrélations phénotypiques au-dessus. CR: consommation résiduelle, IC : indice de consommation, GMQ : gain moyen quotidien. Erreurs standards entre parenthèses.

### II.2. Réponses à la sélection

Les différences phénotypiques entre les lignées pour la génération G2 sont présentées dans les Tableaux 2 et 3. Comme attendu, d'un point de vue phénotypique, les valeurs de CR, IC et de consommation moyenne journalières (CMJ) sont plus faibles dans la lignée CRbasse que dans la lignée CRhaute. Aucune différence entre lignée n'a été notée pour les autres caractères mesurés pendant la croissance.

Concernant les caractères de carcasse, la lignée CRbasse présente des cuisses et des muscles du magret plus lourds. Aucune différence du poids de foie ou du taux de fonte n'est observée entre les lignées. Cela est également le cas pour le poids de carcasse, le gras abdominal et le poids de la peau du magret.

**Tableau 2 : Moyenne corrigée (LSmean) des caractères de croissance dans les lignées en G2**

Caractères de croissance :	Lignée CRbasse		Lignée CRhaute		Différences entre LSmeans (CRhaute, CRbasse)
	LSmean	SE	LSmean	SE	
CR, g/d	-4,32	0,61	4,81	0,50	***
CMJ, g/d	253	0,6	263	0,5	***
IC	3,38	0,02	3,46	0,02	***
Poids à 4 sem., g	1408	7	1391	6	ns
Poids à 7 sem.,g	3098	13	3102	10	ns
GMQ, g/d/canard	75,5	0,4	76,4	0,3	ns
Quantité de lipides, g	371,5	3,9	379,3	3,2	ns

CR : consommation résiduelle, CMJ : consommation moyenne journalière, IC : indice de consommation, GMQ : gain moyen quotidien. SE : erreur standard. \* :  $P < 0.05$  ; \*\* :  $P < 0.01$  ; \*\*\* :  $P < 0.001$ .

**Tableau 3 : Moyenne corrigée (LSmean) des caractères de carcasse dans les deux lignées en G2**

Caractères de carcasse :	Lignée CRbasse		Lignée CRhaute		Différences entre LSmeans (CRhaute, CRbasse)
	LSmean	SE	LSmean	SE	
Poids foie, g	465,6	6,2	469,7	5,3	ns
Gras abdominal, g	146,4	1,5	146,2	1,2	ns
Poids peau magret, g	144,1	1,2	144,7	1,0	ns
Poids muscle magret, g	268	1,5	262	1,2	**
Poids cuisse, g	476	2,3	463	2,0	***
Poids carcasse, g	4804	16	4774	13	ns
Taux de fonte, %	27	1,0	28	1,0	ns

SE : erreur standard. \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$ .

### III. DISCUSSION

#### III.1. Critère de sélection

L'IC, c'est-à-dire le rapport entre la consommation d'aliment et le gain de poids, donne une bonne indication de la capacité de l'animal à convertir l'aliment en poids vif. Cependant, une sélection basée sur un rapport n'est pas idéale car on ne maîtrise pas la pression de sélection exercée sur chacun des composants du caractère. La CR est, quant à

#### III.2. Paramètres génétiques

La valeur estimée de l'héritabilité de la CR chez les canards mâles de Barbaries est plus élevée que celles rapportées dans la littérature, mais l'erreur standard est élevée. En effet, chez les animaux en croissance, les estimations d'héritabilité varient de 0,33 à 0,45 en poulet de chair (Aggrey *et al.*, 2010), de 0,10 à 0,47 en porc (Clutter, 2011), de 0,10 à 0,45 en lapin (Larzul et De Rochambeau, 2005 ; Drouilhet *et al.*, 2013). Les héritabilités de l'IC et du GMQ sont modérées. Ces estimations sont dans le large intervalle de valeurs déjà décrites pour les poulets de chair. L'héritabilité du poids à 7 sem. est du même ordre de grandeur que celle estimée en lignée pure : 0,53 en canards Pékin (Xu *et al.*, 2011) et 0,40 en canard de Barbarie (Mignon-Grasteau *et al.*, 1998).

Le but d'une sélection sur la CR peut être différent selon l'objectif lié au dépôt de gras. Chez les animaux avec une faible teneur lipidique, la réponse corrélée de la sélection sur la CR sur le dépôt de gras est pratiquement nulle et les besoins pour le dépôt de gras n'apparaissent pas dans l'équation de la CR. C'est le cas pour le poulet, la dinde et le

#### III.3. Réponses à la sélection

Les caractères mesurés pendant la croissance et ceux liés à la carcasse ont été comparés entre les deux lignées pour évaluer les réponses corrélées à la sélection. Comme attendu, la lignée CRbasse avait une CR, une CMJ et un IC plus faibles que la lignée CRhaute. Le GMQ et la quantité de lipides n'étaient pas significativement différents entre lignées. Larzul *et al.* (2004) ont montré qu'une sélection divergente sur l'IC dans la lignée maternelle (canard commun) peut modifier l'IC des descendants mulards : une différence de 2,1 kg aliment/kg poids vif pour l'IC en Pékin (mesuré entre 4 et 7 semaines d'âge) induit une différence de 0,7 kg aliment/kg poids vif des descendantes mulards. Dans notre cas, deux générations de sélection génèrent une différence de 0,08 kg d'aliment/kg de poids vif des descendants mulards dans les deux lignées. L'IC des pères Barbarie n'est pas disponible pour pouvoir faire des comparaisons.

elle, une combinaison linéaire de caractères qui estime une mesure de l'efficacité alimentaire phénotypiquement indépendante des besoins alimentaires liés à la production (pour le gain de poids, la carcasse ou le dépôt de gras) et ceux liés à la maintenance des animaux.

lapin. Chez les animaux présentant une teneur en lipides élevée et très variable, deux types d'étude ont été rapportées. La première a pour but d'améliorer l'efficacité alimentaire des animaux sans modifier leur composition corporelle et donc la teneur en lipides est prise en compte dans l'équation de la CR. La seconde se concentre sur les effets d'une sélection sur la CR, sur le dépôt de gras et ne prend donc pas en compte cette donnée dans l'équation de régression utilisée pour estimer la CR.

Dans notre étude, la CR et l'IC étaient fortement corrélés. Si la CR et l'IC sont génétiquement fortement corrélés, les deux caractères peuvent être considérés comme similaires. Cependant, la sélection sur l'un de ces caractères peut mener à des réponses corrélées différentes s'ils ne sont pas corrélés de la même manière aux autres caractères d'intérêt. Par exemple, dans notre étude, même si la CR et l'IC sont fortement corrélés, leurs corrélations génétiques avec le GMQ sont très différentes (nulle pour la CR et modérée pour l'IC).

Le poids de carcasse et la quantité de lipides restent inchangés entre les lignées. De la même manière, le poids de foie et le taux de fonte n'ont pas été affectés par la sélection. Même si la consommation d'aliment des canards de la lignée CRbasse est moindre pendant la phase de croissance, cela n'influence pas leur capacité à être gavés et à produire du foie gras. Cependant, malgré l'absence de corrélation phénotypique significative, la lignée CRbasse avait des cuisses et des muscles de magret plus lourds. La sélection sur la CR mène à une augmentation du poids de ces morceaux sans pour autant modifier le poids de la carcasse dans son ensemble. Larzul *et al.* (2004) ont aussi montré une différence significative de 36 g entre les cuisses des femelles mulards issues de la sélection divergente sur l'IC des canes Pékin.

## CONCLUSION

A notre connaissance, cette étude est la première qui explore la génétique de la croissance et de l'efficacité alimentaire en canard de Barbarie basée sur les performances de leurs descendants mulards. L'héritabilité de la CR est élevée et après deux générations de sélection, des différences significatives ont été observées pour la CR et l'IC entre les deux lignées. La sélection sur la CR a permis l'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux sans toutefois impacter leur capacité à produire du foie gras. Bien que la corrélation génétique entre la CR et l'IC soit élevée, leurs corrélations génétiques avec le GMQ ne sont pas

similaires, suggérant que la sélection sur chacun des caractères pourrait mener à des réponses corrélées différentes. L'utilisation de données individuelles d'ingéré et de comportement alimentaire de canards élevés en lot (en utilisant des distributeurs automatiques d'aliment enregistrant chaque visite) serait de grand intérêt pour obtenir des données plus exactes et par conséquent des estimations plus précises des paramètres génétiques. En maintenant ou en améliorant la sélection grâce à des données individuelles, on pourrait ainsi espérer réduire l'IC des animaux d'au moins 0,02 point par génération.

### Remerciements :

Les auteurs remercient le personnel de l'unité expérimentale UEPFG de l'Inra pour l'élevage des animaux et les mesures effectuées. Ils remercient « Grimaud Frères Sélection » pour la fourniture des femelles Pékin. Ils remercient également le Cifog (Comité Interprofessionnel des Palmipèdes à Foie Gras) et le Casdar qui ont soutenu financièrement ce projet.

### Références :

- Aggrey S.E., Karnuah A.B., Sebastian B., Anthony N.B. (2010). Genetic properties of feed efficiency parameters in meat-type chickens. *Genet. Sel. Evol.*, 42, 25.
- Chambre d'Agriculture de Dordogne (2010). Références technico-économiques 2009 en palmipèdes gras. Décembre 2010.
- Clutter A.C. (2011). Genetics of performance traits, in *The Genetics of the Pig*, M.F. Rothschild and A. Ruvinsky, Editors. 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK., 325-389.
- Cornuez A., Bannelier C., Gouraud P., Lamothe L., Manse H., Basso B., Marie-Etancelin C. (2013). Développement de la méthode TOBEC pour prédire l'état d'engraissement du canard mulard *in vivo*. in 10<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, 2013, La Rochelle.
- Drouilhet L., Gilbert H., Balmiss E., Ruesche J., Tircazes A., Larzul C., Garreau H. (2013). Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 91, 3121-3128.
- Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R., Thompson R. (2009). *ASReml User Guide 2009*, VSN International Ltd: Hemel Hempstead, HP1 ES, UK.
- Koch R.M., Swiger L.A., Chambers D., Gregory K.E. (1963). Efficiency of feed use in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 22, 486-494.
- Larzul C., De Rochambeau H. (2010). Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.*, 95, 67-72.
- Larzul C., Guy G., Bernadet M.D. (2004). Feed efficiency, growth and carcass traits in female mule ducks. *Arch. Geflügelk.*, 6, 265-268.
- Marie-Etancelin C., Chapuis H., Brun J.M., Larzul C., Mialon-Richard M.M., Rouvier R. (2008). Genetics and selection of mule ducks in France: a review. *Worlds Poult. Sci. J.*, 64, 187-208.
- Mignon-Grasteau S., Beaumont C., Poivey J.-P., De Rochambeau H. (1998). Estimation of the genetic parameters of sexual dimorphism of body weight in 'label' chickens and Muscovy ducks. *Genet. Sel. Evol.*, 30, 481-491.
- Xu T.S., Liu X.L., Huang W., Hou S.S. (2011). Estimates of genetic parameters for body weight and carcass composition in Pekin ducks. *J. Anim. Vet. Adv.*, 10, 1, 23-28.