

# EFFET DES MODES DE DISTRIBUTION ET DE PRESENTATION DU MAÏS SUR L'INDUCTION D'UNE HYPERPHAGIE ET D'UNE STEATOSE HEPATIQUE SPONTANEE CHEZ LE CANARD MULARD

Knudsen Christelle<sup>1</sup>, Bonnefont Cécile MD<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>1</sup>, Ricard Edmond<sup>1</sup>, Bompas Jean-François<sup>1</sup>, Nozet Gaëtan<sup>1</sup>, Laverze Jean-Bernard<sup>2</sup>, Lagüe Michel<sup>2</sup>, Bernadet Marie-Dominique<sup>2</sup>, Fernandez Xavier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA, GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France, <sup>2</sup>INRA UEFG, 1076 Route du Haut Mauco, 40280 Benquet, France

[christelle.knudsen@inra.fr](mailto:christelle.knudsen@inra.fr)

## RÉSUMÉ

Nos travaux antérieurs ont montré que les oies grises nourries au maïs sont capables de développer une hyperphagie prolongée associée à une stéatose spontanée. La présente étude avait pour objectif d'induire un comportement analogue chez le canard mulard. 480 canards mulards mâles nourris avec un aliment croissance ont été soumis à une réduction progressive du temps d'accès à la mangeoire de 49 à 86j d'âge (24h à 15 min/j) associée à une réduction progressive de la durée d'éclairement de 75 à 86j d'âge (10 à 7h/j). A partir de 87j, les animaux ont été nourris avec du maïs selon un schéma factoriel 2x2 avec 2 modes d'alimentation (à volonté « AL » vs progressif « P ») et 2 présentations du maïs (grain vs concassé). Dans les groupes P la disponibilité du maïs a été augmentée de 30 g/j avec une distribution initiale de 170 g/j. Dans les groupes AL la mangeoire était accessible 24h/24 puis modulée à 90 j (2h d'accès le matin) et à 97 j (1h d'accès le matin et 1h l'après-midi) afin de stimuler l'ingestion. 40 animaux ont été abattus avant l'accès au maïs à 87 j, puis 25 animaux par lot ont été abattus à 94, 101 et 115 j afin d'évaluer l'engraissement. L'ingestion et les performances à l'abattage n'ont pas été modulées par la présentation du maïs. Les canards AL ont exprimé une brève hyperphagie (570±50 g/j) à 87 j, suivie d'une diminution en dessous de 300 g/j. Les modulations du temps d'accès à la mangeoire ont induit une brève reprise de la consommation à 93 et 97 j (369±13 g et 406±35 g respectivement). L'ingestion des canards P a augmenté jusqu'à 97 j (406±7 g) puis a diminué de façon analogue aux canards AL. Après 101 j, l'ingestion a atteint un niveau basal (148±38 g/d) quel que soit le mode d'alimentation. Indépendamment des lots, le poids de foie n'a augmenté que légèrement à 94 et 101 j par rapport à 87 j (84, 83 et 58 g respectivement, P<0,05). Cette étude met en évidence l'adaptation rapide du canard mulard à de nouvelles stratégies alimentaires et les difficultés à induire une stéatose spontanée chez ces animaux.

## ABSTRACT

**Effect of different feeding strategies on the induction of a durable hyperphagia and spontaneous liver steatosis in mule ducks.** Previous studies show that Greylag geese can develop a prolonged corn hyperphagia associated with spontaneous liver steatosis. This study aimed to stimulate a similar behavior in mule ducks. 480 male mule ducks fed a pelleted diet, were submitted to a gradual time restriction to feed access from 49 to 86d of age (24h to 15 min of feed access/d) combined with a progressive reduction in day length from 75 to 86 d (10 to 7h/d). From 87 d of age animals had access to a 100% corn diet and a 2x2 factorial design was applied with two corn feeding modes (*ad libitum* "AL" vs progressive "P") and two corn presentations (whole vs grinded corn). In P groups corn availability was increased by 30 g/d starting at 170 g/d. In AL groups time access to feed was *ad libitum* then changed at 90 d (2h availability AM) and 97 d of age (1h AM + 1h PM) to stimulate feed intake. 40 animals were slaughtered before corn feeding, at 87d, and 25 animals per treatment were slaughtered at 94, 101 and 115 d to evaluate body and liver fattening. Feed intake and performances at slaughter were similar for both corn presentation types. AL ducks expressed a brief hyperphagia (570±50 g/d) on d 87, followed by a decrease under 300 g/d. The changes in time access to feed induced brief increases in feed intake on d 93 and 97 (369±13 g and 406±35 g respectively). Feed intake of P ducks increased until 97 d of age (406±7 g) then decreased similarly to AL birds. After 101 d of age feed intake reached a basal level (148±38 g/d) regardless of the feeding mode. Regardless of the treatments, liver weight only increased slightly at 94 and 101 d of age compared to 87 d (84, 83 and 58 g respectively, P<0.05). This study highlights the rapid adaptation of the mule duck to new feeding strategies and the difficulties to induce a spontaneous liver steatosis in these animals.

## INTRODUCTION

En 1999, le Comité Permanent de la Convention Européenne pour la protection des animaux dans les élevages a recommandé que des études portant sur des méthodes alternatives à la prise forcée d'aliment chez les palmipèdes soient mises en place dans les pays producteurs de foie gras. C'est une des raisons qui ont conduit l'INRA à initier en 2009 des travaux dont l'objectif est de déclencher un comportement d'hyperphagie et une stéatose hépatique spontanée chez les palmipèdes comme cela est observé à l'état naturel chez certains oiseaux durant la période pré-migratoire pour constituer les réserves énergétiques nécessaires aux vols migratoires (Hermier, 1997). L'espèce cible retenue dans un premier temps a été l'oie landaise qui est restée, d'un point de vue génétique, proche de son ancêtre, l'oie cendrée sauvage migratrice (*Anser anser*). Ces travaux ont permis de montrer que la distribution de maïs à volonté pendant 12 semaines, durant la période hivernale et après une phase de restriction alimentaire, associée à une réduction de la durée du jour permet l'expression d'un comportement hyperphagique transitoire chez le jars, associé à un engraissement spontané du foie de l'ordre de 500 g en moyenne (Guy et al., 2013).

L'oie ne constitue cependant qu'une faible proportion de la production française de foie gras (<3%), dominée de loin par le canard, le mulard principalement. La présente étude avait ainsi pour objectif d'évaluer la faisabilité de l'induction d'une hyperphagie durable et d'un engraissement hépatique spontané chez le canard mulard en adaptant le système d'élevage mis au point chez le jars.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Protocole expérimental et alimentation

480 mulards mâles Mmg x PKL (Couvoir Ducourneau) ont été élevés sur le site de l'UE PFG de l'INRA (Benquet, France) et mis en lots en fonction de leur poids à 6 semaines d'âge selon un schéma factoriel 2x2 avec 2 modalités de présentation du maïs (grain entier, noté G vs concassé, noté C) et 2 modalités de distribution du maïs (offre alimentaire à volonté, noté AL vs offre en quantité progressive au cours du temps, noté P).

Les animaux étaient logés en cellules collectives de 60 animaux chacune (2 cellules/lot) et soumis à des conditions d'élevage et d'alimentation identiques jusqu'à 12 semaines d'âge en adaptant le système d'élevage mis au point chez le jars (Guy et al., 2013). Les animaux étaient ainsi nourris avec un aliment croissance (EM 2800 kcal/kg ; PB 16 %) et soumis à une réduction progressive du temps d'accès à la mangeoire de 49 à 86 jours d'âge (24h à 15 min/j) associée à une réduction progressive de la durée

d'éclairement de 75 à 86 jours d'âge (10 à 7h/j) afin de mimer les conditions automnales (Figure 1). A partir de 72 jours d'âge la quantité d'aliment distribuée était restreinte à 200g/canard/jour, puis 150g/canard/jour à 78 jours d'âge puis ré-augmentée pour atteindre 170g/canard/jour à 83 jours d'âge. A partir de 84 jours d'âge, afin de faciliter la transition alimentaire, du maïs (concassé ou entier selon les lots) était incorporé à l'aliment.

A partir de 87 jours d'âge les animaux étaient nourris exclusivement avec du maïs selon les modalités définies précédemment. Les animaux des groupes P ont suivi un plan d'augmentation progressive de la quantité de maïs distribué (+30g/jour/canard à partir d'un niveau initial de 170g/canard/jour). Dans les groupes AL l'accès à la mangeoire était d'abord libre (24h/24) de 87 à 89 jours d'âge puis restreint à 2h d'accès le matin entre 90 et 96 j puis 1h d'accès le matin et 1h l'après-midi de 97 à 114 j afin de stimuler l'ingestion.

### 1.2. Mesures et pesées

Tous les canards ont été pesés de façon individuelle à 6 semaines d'âge. Ensuite seuls les animaux abattus ont été pesés le jour de leur abattage (87, 94, 101 et 115 jours d'âge). La consommation collective par cellule a été relevée de façon quotidienne à la même heure chaque jour dans toutes les cellules grâce à un dispositif de pesée automatisée.

10 animaux par lot (5/cellule) ont été abattus à 87 jours d'âge, avant la distribution du maïs, puis 25 animaux par lot (12 ou 13/cellule) ont été abattus à 94, 101 et 115 jours d'âge (après respectivement 1, 2 et 4 semaines d'accès au maïs) sans mise à jeun préalable sur la base du poids à 6 semaines d'âge afin d'avoir des animaux de poids moyen équivalant à 6 semaines entre chaque lot et à chaque date d'abattage. Les canards saignés, plumés avec ailes et pattes, le foie ainsi que le gras abdominal ont été pesés. La couleur du foie a été déterminée par mesure  $L^*a^*b^*$ . Après ressuage (24h *post mortem*) le filet droit (muscle, peau+gras), la cuisse et le pilon droit avec peau ont été pesés.

### 1.3. Analyses statistiques

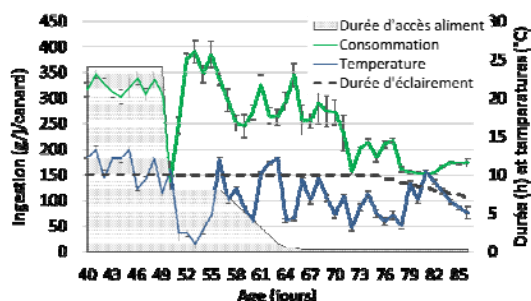
Les données ont été analysées avec le logiciel R (version 3.1.3). Les données de croissance et d'abattage ont été analysées en utilisant un modèle linéaire (Anova type 3) avec l'âge d'abattage, le mode de distribution du maïs et la présentation du maïs et les interactions entre ces 3 facteurs comme effets fixes. Ces différents paramètres ainsi que l'ingestion ont ensuite été analysés par âge avec le mode de distribution du maïs et la présentation du maïs et l'interaction entre ces 2 facteurs comme effets fixes. Les moyennes ont été comparées 2 à 2 en utilisant la correction de Tuckey.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Ingestion

Durant la phase de restriction alimentaire, entre 49 et 86 jours d'âge, les animaux se sont adaptés rapidement à chaque changement de rythme d'alimentation (Figure 2). Les animaux ont ainsi été capables d'ingérer une quantité supérieure à 250g sur une durée de 15 min. On remarque également que l'ingéré volontaire des animaux était corrélé négativement à la température intérieure; à savoir que plus la température était faible, plus l'ingestion était élevée. Ces observations sont en accord avec ce qui a pu être observé chez l'oie (Guy et al., 2013).

**Figure 2.** Cinétique d'ingestion durant la phase d'élevage (entre 40 et 86 jours d'âge)



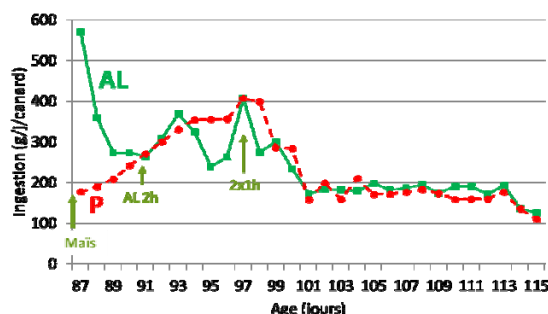
Les valeurs présentées sont les moyennes  $\pm$  SEM.  $n=8$  cellules de 60 canards chacune

Lors de la phase d'accès au maïs, les canards AL ont exprimé une brève hyperphagie ( $570 \pm 50$  g/j) à 87 j, suivie d'une diminution franche de la consommation ( $<300$  g/j). Les modulations du temps d'accès à la mangeoire ont induit une brève reprise de la consommation à 93 et 97 j ( $369 \pm 13$  g et  $406 \pm 35$  g respectivement). L'ingestion des canards du lot P a augmenté jusqu'à 97 j ( $406 \pm 7$  g) puis a diminué de façon analogue aux canards du lot AL. Après 101 j d'âge, l'ingestion a atteint un niveau basal ( $148 \pm 38$  g/j) quel que soit le mode d'alimentation (Figure 3). Sur la période globale d'accès au maïs les animaux du lot AL ont eu une consommation légèrement supérieure aux animaux du lot P ( $250$  vs  $234$  g/canard/j,  $P=0,04$ , Tableau 1) alors que la forme d'apport (G vs C) n'a pas eu d'effet sur la consommation sur la période totale d'accès au maïs.

Les canards nourris à volonté ont ainsi présenté une hyperphagie transitoire de courte durée et se sont adaptés très rapidement à de nouveaux rythmes de mise à disposition de l'aliment, et ont régulé leur ingestion en conséquence. De même, les animaux ayant eu une augmentation progressive de l'accès au maïs ont régulé leur ingestion à partir de 97 jours d'âge, lorsque leur ingestion a atteint 400g/canard/j. Les niveaux et la durée d'hyperphagie observés chez

les canards sont ainsi très éloignés de ceux observés chez l'oie (Guy et al., 2013).

**Figure 3.** Ingestion durant la phase d'accès au maïs (87 à 114 jours d'âge) selon le mode d'alimentation (P ou AL)



### 2.2. Croissance et performances à l'abattage

Indépendamment des lots, le poids vif a augmenté jusqu'à 101 jours d'âge pour atteindre 4,7 kg (Tableau 2). La prise de poids vif s'explique par une croissance musculaire et un début d'engraissement périphérique. Le poids des animaux à 87 jours était équivalent à celui observé classiquement chez le canard mulard (4,1-4,2 kg, Litt and Pé, 2015). En revanche, durant la phase d'accès au maïs le poids vif était très nettement inférieur à celui observé dans la filière conventionnelle (4,4-4,7kg vs 6,5 kg) (Baeza et al., 2013). Ce différentiel semble être associé à une diminution de l'engraissement, et non à une réduction de la croissance musculaire. Le poids du muscle du filet était ainsi similaire à celui observé dans le cadre du gavage, alors que le poids de la peau du filet était réduit de l'ordre de 25 à 60% (Arroyo et al., 2016; Baeza et al., 2013).

L'engraissement périphérique (gras abdominal et peau du filet) a augmenté jusqu'à 115 jours d'âge (Tableau 2,  $P<0,001$ ). Celui-ci était cependant très nettement réduit par rapport à ce qui est observé chez le canard gavé (gras abdominal : 65-110g vs 225g, peau du filet : 80-105g vs 175g) (Baeza et al., 2013). Le poids de foie a augmenté légèrement à 94 et 101 jours (respectivement 84 et 83 g vs 58 g à 87 jours,  $P<0,05$ ) puis est revenu à des niveaux basaux à 115 jours d'âge (57 g). Cette augmentation de poids de foie était accompagnée d'une légère modification de la coloration des foies avec un indice de jaune (b) augmenté (respectivement 13 et 12,3 vs 8,1 à 87 jours d'âge,  $P<0,05$ ). Le poids de foie était cependant très largement inférieur à celui obtenu en gavage (550g en moyenne) (Litt and Pé, 2015) et aucun réel engraissement du foie n'a pu être observé (poids maximal observé de 166g à 101 jours d'âge).

A 94 et 101 jours d'âge, dates auxquelles a été observé une faible augmentation du poids de foie, la forme de l'apport en maïs n'a pas impacté les performances de croissance et d'abattage.

A 94 jours d'âge, le poids vif était réduit chez les animaux du lot P par rapport aux animaux du lot AL (Tableau 3, 4313 vs 4495g,  $P=0,005$ ). Ce résultat s'explique par la quantité d'aliment ingéré inférieure dans le lot P durant la première semaine d'accès au maïs par rapport au lot AL (345g/canard/j vs 245g/canard/j respectivement). L'engraissement (gras abdominal, peau du filet, cuisse) semblait pénalisé ( $P<0,01$ ) contrairement à la croissance musculaire (muscle filet,  $P>0,05$ ). Le poids de foie n'était quant à lui pas impacté.

A 101 jours d'âge le poids vif n'était plus impacté par le mode de distribution (Tableau 3). La croissance musculaire et l'engraissement périphérique étaient semblables entre les animaux des lots P et AL. Ce résultat s'explique encore une fois par la consommation durant la semaine précédant l'abattage (292g/canard/j pour le lot AL vs 349g/canard/j pour le lot P) : les animaux du lot P ont ainsi « compensé » leur consommation réduite de la 1<sup>ère</sup> semaine par une ingestion plus forte lors de la 2<sup>ème</sup> semaine. Le poids de foie était plus élevé chez les animaux du lot P (90 vs 76 g,  $P=0,02$ ), et les foies plus colorés. Ce résultat peut encore une fois être corrélé à une consommation

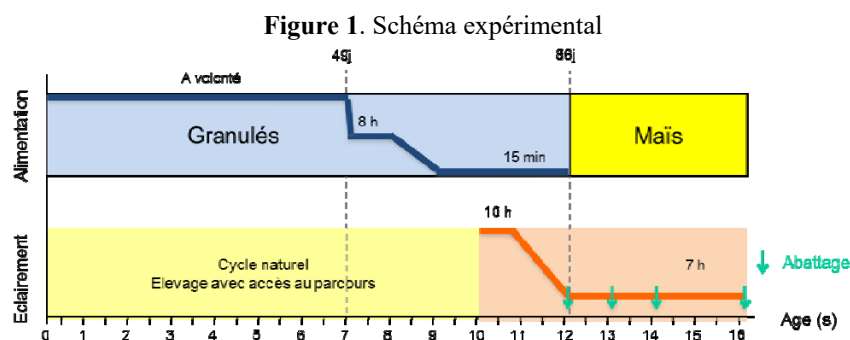
accrue des animaux du lot P par rapport aux animaux du lot AL durant la semaine précédant l'abattage.

## CONCLUSION

Cet essai nous a permis de mettre en évidence une adaptation très rapide du canard mulard à un nouveau mode d'alimentation. Ainsi, il semble à l'heure actuelle difficile d'induire une hyperphagie spontanée persistante, et donc une stéatose spontanée, chez le canard mulard, celui-ci régulant très rapidement sa consommation par rapport au niveau énergétique de l'aliment, quel que soit le mode de présentation (entier, concassé) et d'accès (à volonté ou progressif) au maïs. La stimulation lumineuse précoce et la restriction alimentaire forte ne semblent pas avoir d'effet favorable sur le comportement hyperphagique du canard mulard. Celui-ci est cependant très éloigné de son ancêtre migrateur. Dans ce contexte, une perspective de recherche pouvant être privilégiée serait d'étudier la faisabilité de l'induction d'une stéatose spontanée chez des lignées plus proches génétiquement de leurs ancêtres migrateurs, comme le canard commun, malgré des capacités d'hyperphagie ou de stéatose moindres.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo, J., Dubois, J. P., Lavigne, F., Brachet, M., Fortun-Lamothe, L. 2016. Poultry Sci., (95), 1304-1311.  
 Baeza, E., Fernandez, X., Marie-Etancelin, C. 2013. INRA Prod. Anim., (26), 425-433.  
 Guy, G., Fortun-Lamothe, L., Benard, G., Fernandez, X. 2013. J Anim Sci, (91), 455-464.  
 Hermier, D. 1997. J Nutr, (127), 805-808.  
 Litt, J., Pé, M. 2015. Onzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. p 147-152, Tours.



**Tableau 1.** Consommation des canards entre 87 et 142 jours d'âge en fonction du mode de présentation (Prés : entier vs concassé) et du mode de distribution (Distri : à volonté vs progressif) du maïs (n=2 cellules/lot)

	Lot				SEM	Pr > F		
	C-AL	C-P	G-AL	G-P		Prés.	Distri.	Prés. x Distri.
<i>Consommation (g/canard/jour)</i>								
87-93 jours d'âge	342	245	349	246	19		nc	nc
94-100 jours d'âge	313	348	271	349	14		nc	nc
101-107 jours d'âge	191 <sup>a</sup>	183 <sup>a,b</sup>	176 <sup>a,b</sup>	173 <sup>b</sup>	3	0,02		
108-114 jours d'âge	182	159	175	169	4		0,07	
87-114 jours d'âge	257	234	243	234	4		0,04	

SEM : Standard error of the mean; C: maïs concassé; G: maïs grain; P: distribution progressive; AL: distribution à volonté.  
 nc: non calculable (la consommation étant fixe pour les lots P, la variabilité est nulle)

**Tableau 2.** Croissance et performances à l'abattage selon l'âge d'abattage, la présentation (Prés : entier vs concassé) et le mode de distribution (Distri : à volonté vs progressif) du maïs (n=10/lot à 87 jours d'âge puis n=25/lot/âge)

	Age				SEM	Pr > F		
	87j	94j	101j	115j		Prés.	Distri.	Age
<i>Pesées (g)</i>								
Poids vif à la mise en lots (6 sem)	2560	2561	2557	2559	6			
Poids vif à l'abattage	4134 <sup>a</sup>	4404 <sup>b</sup>	4721 <sup>c</sup>	4683 <sup>c</sup>	20			<0,001
Poids saigné, plumé	3626 <sup>a</sup>	3899 <sup>b</sup>	4219 <sup>c</sup>	4212 <sup>c</sup>	19			<0,001
<i>Mesures de couleur</i>								
Foie	57,6 <sup>a</sup>	83,9 <sup>b</sup>	83 <sup>b</sup>	56,7 <sup>a</sup>	1			<0,001
Gras abdominal	39,3 <sup>a</sup>	67,5 <sup>b</sup>	96,5 <sup>c</sup>	110,3 <sup>d</sup>	1,7			<0,001
Muscle filet	314,6 <sup>a</sup>	314,3 <sup>a</sup>	330,3 <sup>b</sup>	338,5 <sup>b</sup>	1,4			<0,001
Peau filet	65,4 <sup>a</sup>	81 <sup>b</sup>	100,2 <sup>c</sup>	106,4 <sup>c</sup>	1,2			<0,001
Cuisse	316,5 <sup>a</sup>	352,8 <sup>b</sup>	382,9 <sup>c</sup>	382,7 <sup>c</sup>	2,3			<0,001
<i>Mesures de couleur</i>								
L* foie	30,2 <sup>a</sup>	38,6 <sup>b</sup>	38,6 <sup>b</sup>	32,5 <sup>c</sup>	0,2			<0,001
a* foie	15 <sup>a</sup>	18 <sup>b</sup>	15,3 <sup>a</sup>	13,8 <sup>c</sup>	0,1			<0,001
b* foie	8,1 <sup>a</sup>	13 <sup>b</sup>	12,3 <sup>b</sup>	8,8 <sup>a</sup>	0,2		0,09	<0,001

SEM : Standard error of the mean; a,b,c,d Valeurs significativement différentes au seuil de 5%

**Tableau 3.** Croissance et performances à l'abattage à 94 et 101 jours d'âge selon le mode de présentation (Prés : entier vs concassé) et le mode de distribution (Distri : à volonté vs progressif) du maïs (n=25/lot/âge)

	Lot				SEM	Pr > F		
	C-AL	C-P	G-AL	G-P		Prés.	Distri.	Prés x Distri.
<b>94 jours d'âge</b>								
<i>Pesées (g)</i>								
Poids vif à l'abattage	4481 <sup>a</sup>	4240 <sup>b</sup>	4508 <sup>a</sup>	4386 <sup>a,b</sup>	31		0,005	
Foie	79,6	83,9	86,2	86	1,6			
Gras abdominal	74,6 <sup>a</sup>	56,7 <sup>b</sup>	77,1 <sup>a</sup>	61,4 <sup>a,b</sup>	2,4		0,007	
Muscle filet	314,4	306,4	317,9	318,5	2,9			
Peau filet	85,4 <sup>a,b</sup>	74,6 <sup>c</sup>	88 <sup>a</sup>	75,9 <sup>b,c</sup>	1,5		0,006	
Cuisse	363 <sup>a</sup>	337,5 <sup>b</sup>	363 <sup>a</sup>	347,7 <sup>a,b</sup>	3,4		0,007	
<b>101 jours d'âge</b>								
<i>Pesées (g)</i>								
Poids vif à l'abattage	4755	4771	4611	4747	39			
Foie	77,9 <sup>a,b</sup>	93,2 <sup>a</sup>	74,8 <sup>b</sup>	86 <sup>a,b</sup>	2,4		0,02	
Gras abdominal	102,2	101,3	89,2	93,1	3			
Muscle filet	327	330	330,1	334,1	2,7			
Peau filet	102,3	106,4	94,9	97,3	2			
Cuisse	389,2	388,2	374	380,1	4,3			

SEM : Standard error of the mean; C: Maïs concassé; G: Maïs grain; P: distribution progressive; AL: distribution à volonté. a,b,c Valeurs significativement différentes au seuil de 5%