

EFFETS D'UNE FORTE DILUTION DU REGIME SUR LA CROISSANCE ET LES PARAMETRES DIGESTIFS DE POULETS DES LIGNEES DIVERGENTES D⁺ ET D⁻ SELECTIONNEES SUR L'APTITUDE A LA DIGESTION.

Rougière Nathalie, Mignon-Grasteau Sandrine, Sellier Nadine, Carré Bernard

¹*INRA, Unité de Recherches Avicoles F-37380 Nouzilly, France*

RÉSUMÉ

L'expérience a porté sur des poulets appartenant aux lignées divergentes D⁺ et D⁻ (8^{ème} génération), sélectionnées sur l'efficacité de digestion. Le but était d'étudier chez les deux lignées les effets de la dilution d'un régime "maïs" par 15% de coques de tournesol sur les performances de croissance (J9-20), les paramètres digestifs (J20-23), l'anatomie des organes digestifs et la répartition des contenus digestifs dans le tractus digestif (J29).

Les D⁺ ont eu de meilleurs indices de consommation que les D⁻ (1,7 vs 1,9 ; $P < 0,0001$), une meilleure EMAn (3030 vs 2871 Kcal/kg ; $P < 0,0001$), et une meilleure digestibilité des protéines (78% vs 73% ; $P < 0,0001$) que les D⁻. Le régime dilué n'a pas eu d'influence sur la croissance des D⁺ ni des D⁻ jusqu'à trois semaines. Une interaction entre lignée et régime a été observée sur l'EMAn et sur la digestibilité des protéines: les écarts d'EMAn et de digestibilité des protéines entre les D⁺ et les D⁻ sont réduits avec le régime dilué par rapport au régime témoin, et la digestibilité des protéines est améliorée uniquement chez les D⁻. Au niveau anatomique, les D⁺ avaient un plus gros gésier ($P < 0,0001$), un plus gros proventricule ($P < 0,001$), un plus petit jéjunum ($P < 0,0001$) et un plus petit iléon ($P < 0,001$) que les D⁻. Le régime dilué a provoqué une augmentation du poids relatif du gésier plus importante ($P < 0,05$) chez les D⁻ que chez les D⁺. Avec le régime de base, les contenus digestifs relatifs aux contenus totaux étaient plus importants dans les compartiments digestifs supérieurs chez les D⁺ que chez les D⁻. Avec le régime dilué, la proportion de contenus a été augmentée dans le gésier ($P < 0,0001$). Néanmoins, chez les D⁺, la proportion de contenus dans l'ensemble jabot+proventricule+gésier est inchangée par rapport au régime témoin. Chez les D⁻ par contre, la répartition des contenus dans les compartiments supérieurs et inférieurs a été modifiée, avec une augmentation de la proportion de contenus dans les compartiments supérieurs (notamment le gésier : $P < 0,0001$), et une diminution dans l'intestin grêle ($P < 0,01$). Chez les D⁻, la répartition se rapprochait alors de celle des D⁺. Ainsi, le régime dilué est bénéfique aux D⁻, qui nécessitent un stimulus sous forme de particules grossières pour améliorer leurs paramètres digestifs. Les D⁺, bons digesteurs, s'adaptent anatomiquement au régime dilué, mais n'ont pas besoin d'un tel stimulus.

ABSTRACT

The experiment was conducted on chickens from D⁺ and D⁻ genetic lines (8th generation) selected for divergent digestion efficiency. The aim was to study in both lines the effects of the dilution of a standard diet based on corn with 15% sunflower hulls on growth performance (9-20d), digestive parameters (20-23d), digestive organ anatomy (29d), and on the distribution of digestive contents (29d).

With both diets, D⁺ birds had a better feed efficiency than D⁻ birds (1.7 vs 1.9; $P < 0.0001$), better AMEn values (3030 vs 2871 Kcal/kg ; $P < 0.0001$), and better protein digestibilities (78% vs 73%; $P < 0.0001$) than D⁻ chickens. No influence of the diluted diet was observed on growth in D⁺ or D⁻ chickens. An interaction between line and diet was observed on AMEn and on protein digestibility: differences in AMEn and protein digestibility between lines were reduced with the diet dilution, and protein digestibility was improved in D⁻ birds only. Anatomically, D⁺ birds had a heavier gizzard ($P < 0.0001$) and proventriculus ($P < 0.001$), and a lighter jejunum ($P < 0.0001$) and ileum ($P < 0.001$) than D⁻ birds. The increase in gizzard relative weight due to diet dilution was more pronounced ($P < 0.05$) in D⁻ than in D⁺ birds. With the basal diet, the relative amount of digesta in the upper tract was observed to be higher in D⁺ than in D⁻ birds. With the diluted diet, the proportion of contents was increased in the gizzard ($P < 0.0001$). Nevertheless, the proportion of contents in the crop + gizzard + proventriculus remained the same with both diets. On the contrary, in D⁻ birds, the distribution of digestive contents in upper and lower digestive tract was modified by the diluted diet: the proportion of contents was increased in upper digestive compartments (namely the gizzard: $P < 0.0001$), and decreased in small intestine ($P < 0.01$). With this diet, the distribution of contents in D⁻ birds was close to that of D⁺ birds. Diluting diet with hulls was beneficial to D⁻ birds, which needed a stimulus to improve their digestive functions. D⁺ birds did not need such a stimulus.

INTRODUCTION

Les lignées divergentes de poulets D⁺ et D⁻ ont été sélectionnées sur le critère de l'efficacité digestive exprimée par l'EMAn d'un aliment, mesurée sur un régime blé de mauvaise qualité à 3 semaines d'âge. La différence d'EMAn mesurée sur un régime blé à 3 semaines d'âge s'élève à plus de 40% à la 7^{ème} génération de sélection divergente (Carré *et al.*, 2008). Cette étude vise à comprendre les différences de digestion entre les D⁺ et les D⁻. Les études précédentes ont commencé à caractériser ces lignées. Des différences ont été observées au niveau de l'anatomie digestive (Péron *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007; Rougière *et al.*, 2007 ; Carré *et al.*, 2008): les poulets de la lignée D⁺ sont caractérisés par un plus gros poids relatif de gésier, et un plus petit poids relatif d'intestin grêle que les D⁻. Le gésier semble très impliqué dans les variations de digestion (Rougière *et al.*, 2007 ; Carré *et al.*, 2008). Par exemple, une précédente étude menée sur des poulets D⁺ et D⁻ de 6^{ème} génération, nourris avec un régime à base de maïs, a montré que les D⁻ avaient besoin d'un stimulus « taille particulière » pour améliorer leur digestion ; cette amélioration était liée au développement du gésier et de ses fonctions (Rougière *et al.*, 2007). Le stimulus « taille particulière » avait été testé à travers deux types de régimes « grossiers »: un régime contenant du maïs concassé, et un régime dilué par 7% de balles de céréales. Les deux types de régimes conduisaient aux mêmes effets positifs en terme de performances et de digestion chez les D⁻.

Dans cette étude, nous avons voulu tester une plus forte dilution du régime, par des coques de tournesol, sur les performances de croissance, la digestion, et l'anatomie digestive de poulets D⁺ et D⁻ de 8^{ème} génération. Le but est de tester l'adaptation des deux lignées à cette forte dilution, notamment au niveau digestif, et de continuer à caractériser les différences digestives entre les deux lignées.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Aliments

De J0 à J9, les animaux ont été nourris avec un régime classique S granulé (23,1% Protéines Brutes, 10,8% Parois végétales hydro-insolubles) à base de maïs et de tourteau de soja. De J9 à J29, les animaux ont été nourris ad libitum avec ce même aliment S granulé, ou avec le régime granulé C (21,4% Protéines Brutes, 20,1% Parois végétales hydro-insolubles), constitué du régime S dilué par 15% de coques de tournesol.

1.2. Animaux

Les poulets utilisés (166 individus) sont issus de la huitième génération de deux lignées divergentes (lignées D⁺ et D⁻) sélectionnées sur l'aptitude à la

digestion exprimée par le critère de l'EMAn (Mignon-Grasteau *et al.*, 2004).

Les animaux ont été placés en cages individuelles et ont reçu l'aliment expérimental à partir de 9 jours. Les conditions d'élevage (lumière, température...) étaient contrôlées avec une heure d'obscurité entre minuit et 1h du matin. La température était de 33°C à l'arrivée des poussins, avec diminution progressive jusqu'à 24°C au jour 26, température maintenue jusqu'à la fin de l'expérience.

Sur 120 animaux (n=30 animaux par traitement), les performances de croissance ont été mesurées de J9 à J20, et un bilan digestif, avec périodes de jeûne en début et en fin de bilan, a été effectué de J20 à J23.

A J29, 72 animaux (18 poulets par traitement) ont été euthanasiés sans jeûne préalable par injection d'un excès de pentobarbital. L'appareil digestif a été isolé, et les organes digestifs vidés ont été pesés. Sur 46 animaux (12 poulets par traitement), les contenus des organes digestifs ont été lyophilisés puis broyés (broyeur IKA-Werk A10) avant pesée.

1.5. Méthodes analytiques

Les teneurs en énergie brute et en azote ont été déterminées dans les aliments et dans les excréta. Les teneurs en acide urique ont été déterminées dans les excréta pour déterminer la digestibilité apparente des protéines.

1.6. Statistiques

Les effets des lignées et des régimes expérimentaux et leurs interactions ont été déterminés par analyses de variances (ANOVA) avec le logiciel Statview® (SAS Inst., Inc., Cary, NC).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Au cours de l'expérience, il n'y a pas eu de différence de poids vif entre les D⁺ et les D⁻ à J9, J20 ou J23 (tableau 1). Habituellement, avec un régime maïs, les D⁻ sont plus gros que les D⁺, puisqu'ils expriment pleinement leurs capacités de croissance avec un régime à base de maïs, contrairement à un régime blé (Carré *et al.*, 2008).

Le léger effet régime qui apparaît sur le poids vif à J20 est dû en partie à un léger décalage des poids à J9. Une analyse de covariance exprimant le poids à J20 en fonction du régime, de la lignée et du poids à J9 ne montre aucun effet significatif, ni du régime, ni de la lignée. D'autres études montrent également l'absence d'effet de la dilution sur le poids vif (Hetland et Svihus, 2001 ; Hetland *et al.*, 2003).

De J9 à J20, les D⁻ consomment plus que les D⁺ ($P < 0,0001$) ce qui est concordant avec les données antérieures (Rougière *et al.*, 2007).

Les D⁺ ont de meilleurs indices de consommation (J9-J20, $P < 0,0001$), une meilleure EMAn (J20-J23,

$P<0,0001$), et une meilleure digestibilité des protéines ($P<0,0001$) que les D⁻ (tableau 1), ce qui confirme les résultats précédemment obtenus chez les D⁺ et D⁻ avec un régime maïs (Rougière *et al.*, 2007).

Le régime C est associé à une dégradation de l'IC ($P<0,0001$) et à une diminution de l'EMAn ($P<0,0001$). Une interaction lignée x régime est observée sur l'EMAn ($P=0,054$) et sur la digestibilité des protéines ($P<0,05$) : les écarts d'EMAn et de digestibilité des protéines entre les lignées sont réduits environ de moitié avec la dilution du régime ; la digestibilité des protéines est réduite avec le régime dilué pour les D⁺ et augmentée pour les D⁻. L'addition des fibres grossières tend donc à améliorer les digestibilités des constituants disponibles (protéines notamment) chez les D⁻ uniquement.

Des différences anatomiques entre les D⁺ et les D⁻ ont été observées à J29 concernant les organes digestifs (tableau 2). Les poulets D⁺ ont un plus gros proventricule ($P<0,001$) et gésier ($P<0,0001$) que les D⁻, et un intestin grêle (jéjunum ($P<0,0001$) et iléon ($P<0,001$)) plus petit que les D⁻.

Le régime C entraîne une forte augmentation du poids relatif du gésier, due à la présence des coques de tournesol qui sont retenues plus longtemps dans cet organe, et qui stimuleraient le travail mécanique du gésier (Hetland et Svihus 2001). En effet, avec les coques de tournesol, le régime C apporte, outre une dilution, des particules fibreuses relativement grossières.

Une interaction est observée ($P<0,05$) entre lignée et régime pour le poids de gésier : l'augmentation du poids relatif de cet organe avec le régime C par rapport au régime S est de 23% chez les D⁺, alors qu'elle atteint 77% chez les D⁻ (tableau 2). Les coques de tournesol agissent comme un stimulus pour le développement du gésier. Ce stimulus semble surtout nécessaire aux D⁻, compte tenu de l'augmentation importante du poids relatif de gésier par rapport au régime témoin, tandis que chez les D⁺, qui ont déjà un gros gésier avec le régime témoin, l'augmentation avec le régime C est moins importante.

Les quantités de contenus sont exprimées en relatif du total des contenus présents dans l'ensemble des compartiments digestifs. La répartition des contenus digestifs reflète en partie le temps de rétention relatif dans les différents compartiments digestifs. Lorsque les animaux ont été abattus, un état d'équilibre était supposé atteint. La répartition des contenus était alors supposée constante, pour des poulets nourris *ad libitum*. La répartition des contenus digestifs est contrastée entre les D⁺ et les D⁻. Un effet lignée est observé pour les quantités relatives de contenus dans tous les compartiments digestifs, sauf le jabot et le rectum+cloaque, mais ces compartiments sont petits et peu impliqués dans les phénomènes de digestion. Une interaction entre les effets lignée et régime est

également observée pour les quantités relatives de contenus dans la plupart des compartiments digestifs.

Avec le régime S, chez les D⁺, les quantités de contenus relatives au poids total de contenus dans le tractus digestif sont plus importantes dans les compartiments digestifs supérieurs (plus de 50% des contenus sont dans l'ensemble proventricule + gésier) (tableau 2), ce qui reflète un temps de rétention long dans ces organes. Chez les D⁻ par contre, les contenus relatifs sont plus abondants dans les compartiments digestifs inférieurs. Ainsi, plus de 84% des contenus se situent dans l'intestin grêle (duodénum + jéjunum + iléon), pour les poulets D⁻ nourris avec le régime S (tableau 2).

Le régime C entraîne une augmentation de la proportion de contenus dans le gésier ($P<0,0001$) chez les deux lignées. Cependant, chez les D⁺, la proportion de contenus dans l'ensemble des compartiments supérieurs (jabot + gésier + proventricule) reste la même qu'avec le régime témoin. La répartition des contenus digestifs dans l'ensemble du tractus digestif avec les deux régimes est semblable chez les D⁺. Chez les D⁻ par contre, on observe avec le régime C une modification de la répartition entre compartiments supérieurs et inférieurs, avec une augmentation des contenus relatifs dans les compartiments digestifs supérieurs (notamment le gésier : $P<0,0001$), et une diminution de la proportion de contenus dans les organes digestifs inférieurs (tableau 2). La répartition des contenus pour les D⁻ avec le régime dilué se rapproche ainsi de celle observée chez les D⁺ avec les régimes S et C. Le régime C semble donc entraîner chez les D⁻ une modification de la répartition des contenus, traduisant une régulation du transit digestif. Le chyme est retenu plus longtemps dans le gésier par la présence de coques de tournesol.

Il faut par ailleurs noter que, chez les D⁺, la dilution modifie considérablement la répartition des contenus entre proventricule et gésier (tableau 2), ce qui suggère un renforcement des fonctions du gésier.

La taille des organes digestifs et la proportion relative de contenus dans les organes sont liés, comme précédemment décrit dans une autre étude (Gonzales-Alvarado *et al.*, 2008). Avec le régime C riche en fibres, les D⁺ et les D⁻ ont un plus gros gésier et les contenus digestifs relatifs sont plus importants.

La tendance à l'amélioration des digestibilités chez les D⁻ serait associée à une régulation du transit digestif, illustrée dans la présente expérience par une modification de la répartition des contenus digestifs. Cette régulation serait consécutive au développement des compartiments digestifs supérieurs, notamment le gésier.

Concernant les D⁺, leur digestion est déjà optimale avec le régime S ; les poulets D⁺ s'adaptent anatomiquement au régime C, mais il n'y a pas

d'amélioration de digestion, ni de fortes modifications du profil de répartition des contenus digestifs.

CONCLUSION

La forte dilution du régime n'a pas affecté la croissance des D⁺ ni des D⁻. L'EMAn et la digestibilité des protéines (20-23j) sont affectées par la dilution, et de façon différente selon les lignées. Le régime C, par la forte présence de coques de tournesol, agit comme un stimulus « particules » pour les D⁻, et entraîne une amélioration de la digestion, ainsi qu'une probable régulation du transit digestif comme le montre l'interaction lignée x régime sur la répartition des contenus digestifs entre les D⁺ et les D⁻. Ainsi, on peut conclure que la digestion chez les D⁺

est optimale avec les régimes S et C, tandis que chez les D⁻, elle est améliorée avec le régime C. Cette amélioration passe par une augmentation de la taille du gésier, et par la régulation associée de la répartition des contenus digestifs. Des mesures futures de temps de rétention des différentes fractions digestives dans les compartiments digestifs permettront d'affiner ces résultats.

REMERCIEMENTS

Nous remercions INZO° et le Ministère de la Recherche pour la bourse CIFRE ayant permis cette étude. Nous tenons également à remercier Kléber Gérard et Florence Favreau pour le suivi des animaux, et les stagiaires et personnes de l'Unité de Recherches Avicoles qui ont participé à l'étude anatomique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Carré, B., Mignon-Grasteau, S., Besnard, J., Rougière, N., Juin, H. & Bastianelli, D. 2008. In: World Poultry Congress. Brisbane (Australia).
- García, V., Gomez, J., Mignon-Grasteau, S., Sellier, N. & Carré, B. 2007. *Animal*, (1), 1435-1442.
- Gonzales-Alvarado, J. M., Jimenez-Moreno, E., Valencia, D. G., Lazaro, R., & Mateos, G. G. 2008. *Poult. Sci.*, (87), 1779-1795.
- Hetland, H. & Svihus, B. 2001. *Brit. Poult. Sci.*, (42), 354 - 361.
- Hetland, H., Svihus, B. & Kroghdahl, A. 2003. *Brit. Poult. Sci.*, (44), 275 - 282.
- Mignon-Grasteau, S., Muley, N., Bastianelli, D., Gomez, J., Péron, A., Sellier, N., Millet, N., Besnard, J., Hallouis, J.M. & Carre, B. 2004. *Poult. Sci.*, (83), 860-867.
- Péron, A., Gomez, J., Mignon-Grasteau, S., Sellier, N., Besnard, J., Derouet, M., Juin, H. & Carre, B. 2006. *Poult. Sci.* (85), 462-469.
- Rougière, N., Gomez, J. & Carré, B. 2007. In: 16th European Symposium on Poultry Nutrition, pp. 75-78. WPSA, Strasbourg (France).
- Uden, P., Colucci, P. E. & Van Soest, P. J. 1980. *J. Sci. Food Agric.* (31), 625-632.

Tableau 1. Poids des animaux à J9, J20 et J23, consommation alimentaire et indice de consommation (IC) entre J9 et J20, et EMAn et digestibilité des protéines pendant la période de bilan (J20-J23) (n=30 animaux par traitement).

Génotype	Régime ¹	poids J9 (g)	poids J20 (g)	poids J23 (g)	consommation J9-J20 (gMS)	IC (MS) J9-J20	EMAn J20-J23 (Kcal/kg)	digestibilité protéines (%)
lignée D ⁺	S	147	402	490	399	1,58	3243 ^a	79,3 ^a
lignée D ⁺	C	145	383	478	425	1,78	2816 ^c	77,4 ^{ab}
lignée D ⁻	S	155	405	502	445	1,80	3040 ^b	71,9 ^c
lignée D ⁻	C	148	389	487	464	1,94	2701 ^d	74,7 ^{bc}
SEM ²		3,8	9,2	11,8	9,2	0,030	23	1,12
Effets								
Lignée (L)		ns	ns	ns	****	****	****	****
Régime (R)		ns	*	ns	*	****	****	ns
Lignée x Régime (L x R)		ns	ns	ns	ns	ns	0,054	*

¹ S : Régime témoin ; C : Régime témoin dilué par 15% de coques de tournesol ; les deux régimes sont granulés.

² SEM:écart-type des moyennes

ns: $P>0,05$; * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$; **** $P<0,0001$

^{a-b} Les moyennes avec des lettres différentes à l'intérieur d'une même colonne sont significativement différentes ($P<0,05$)

Tableau 2. Poids relatif (exprimé en mg/g de poids vif) des organes digestifs (n=18 animaux par traitement) et poids relatif (exprimé en g/g du total des contenus du tractus digestif) des contenus digestifs lyophilisés (n=12 animaux par traitement), à J29.

Compartiment			Jabot	Proventricule	Gésier	Duodénum	Jéjunum	Iléon	Rectum + Cloaque
Poids Organes (mg/g BW) (n=18)	D ⁺	S	3,9	10,3 ^a	22,1 ^b	9,9	14,5	10,9	3,1
		C	3,5	6,7 ^b	27,7 ^a	9,9	14,1	11,1	3,3
	D ⁻	S	2,9	5,3 ^b	13,3 ^c	11,0	18,5	13,2	3,3
		C	3,4	6,3 ^b	23,6 ^b	10,2	17,1	12,6	3,2
	sem ¹		0,32	0,71	1,00	0,61	0,7	0,53	0,17
	P	L	ns	***	****	ns	****	***	ns
		R	ns	0,0721	****	ns	ns	ns	ns
L x R		ns	**	*	ns	ns	ns	ns	
Poids Contenus lyophilisés (g/100g contenus totaux) (n=12)	D ⁺	S	3,7	20,2 ^a	35,6 ^b	5,3 ^b	16,8 ^a	13,7 ^b	4,7
		C	6,7	2,8 ^b	50,0 ^a	2,9 ^c	15,5 ^b	13,4 ^b	8,7
	D ⁻	S	1,3	0,8 ^b	3,4 ^c	8,6 ^a	42,7 ^b	32,5 ^a	10,5
		C	3,0	6,5 ^b	42,2 ^{ab}	2,6 ^c	19,2 ^b	18,5 ^b	7,9
	sem ¹		2,02	3,59	4,34	0,72	2,68	2,45	1,95
	P	L	ns	*	****	*	****	****	ns
		R	ns	ns	****	****	****	**	ns
L x R		ns	**	**	*	***	**	ns	

¹SEM: écart-type des moyennes

ns: $P>0,05$; * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$; **** $P<0,0001$

^{a-b} Les moyennes avec des lettres différentes à l'intérieur d'une même colonne sont significativement différentes ($P<0,05$)