

EFFETS DES NIVEAUX DE PHOSPHORE ET RATIO CALCIUM/PHOSPHORE DISPONIBLE SUR LES PERFORMANCES ET LA MINÉRALISATION OSSEUSE DES POULETS DE CHAIR

Mireaux Mélanie¹, Bébin Karine², Richard Fabien²

¹DELTA VIT groupe CCPA - ZA du Bois de Teillay - 35150 JANZE,

²CCPA - ZA du Bois de Teillay - 35150 JANZE

mmireaux@ccpa.com

RÉSUMÉ

Dans ce contexte de limitation de l'offre des matières premières et de pression environnementale, travailler sur la réduction de l'incorporation de phosphate dans l'alimentation animale est une priorité. L'objectif de cette étude était d'évaluer la réponse des poulets à la réduction du phosphore à deux ratios de calcium / phosphore disponible. 240 poulets mâles Ross 308 ont été répartis dans 5 groupes, avec 12 cages par groupe, 4 poulets par cage. Le schéma expérimental était un plan factoriel incomplet avec deux ratios de calcium / phosphore disponible (Ca/Pdisp) : 1,8 (R1.8) et 2,1 (R2.1) et 2 ou 3 niveaux de Pdisp (G1 = R1.8, Pdisp bas ; G2 = R1.8, Pdisp haut ; G3 = R2.1, Pdisp bas ; G4 = R2.1, Pdisp intermédiaire ; G5 = R2.1, Pdisp haut). Les aliments démarrage (0-10j), croissance (10-21j), finition 1 (21-28j) et 2 (28-35j) étaient iso-nutritionnels par phase alimentaire hormis les niveaux de Pdisp et ratio Ca/Pdisp. À 35 jours d'âge, 12 poulets par groupe ont été euthanasiés et les paramètres du tibia ont été mesurés. Des interactions significatives entre le niveau de Pdisp et le ratio Ca/Pdisp ont été observées sur les performances de croissance ($P < 0,05$). De 0 à 35j, la diminution du Pdisp a eu un effet négatif sur l'indice de consommation (IC) à R1.8 mais pas d'effet à R2.1 (G1 = 1,50a ; G2 = 1,47b ; G3 = 1,50a ; G4 = 1,48ab ; G5 = 1,48ab ; $P = 0,01$). Les autres paramètres (poids, consommation) n'ont pas été significativement différents. La minéralisation osseuse a été inférieure avec le niveau bas de Pdisp ($P < 0,01$). La force de fracture a également été réduite par un Pdisp bas ($P = 0,012$) et un ratio Ca/Pdisp bas ($P = 0,042$). En conclusion, le niveau de Pdisp dans l'aliment pourrait être légèrement réduit et la croissance maintenue uniquement si le niveau de Ca est bien maîtrisé car l'efficacité alimentaire et la minéralisation osseuse sont rapidement dégradées avec des ratios Ca/Pdisp faibles.

ABSTRACT

Impact of phosphorus levels and calcium to available phosphorus ratio on growth performance and bone mineralization in broilers from 0 to 35 days of age

In the context of low ingredient offer and environmental pressure, it is a priority to reduce phosphate incorporation in animal nutrition. The objective of this study was to evaluate the response of broiler chickens to phosphate reduction at two different calcium (Ca) to available phosphorus (aP) ratios. 240 male day-old Ross 308 broiler chickens were randomly assigned to 5 groups with 12 cages per replicate, 4 broilers per cage. The design was an incomplete factorial design with two Ca to available phosphorus (aP) ratios: 2.1 (R2.1) and 1.8 (R1.8) and 2 or 3 levels of aP (G1 = R1.8, low aP; G2 = R1.8, high aP; G3 = R2.1, low aP; G4 = R2.1, intermediate aP; G5 = R2.1, high aP). The starter (0-10), grower (10-21), finisher 1 (21-28) and 2 (28-35 days) diets were iso-nutritional per feeding phase except for the aP and Ca:aP ratios. At 35 days of age, 12 birds per group were euthanized, and tibia parameters measured. Significant interaction between aP level and Ca to aP ratio was observed on growth performance ($P < 0,05$). From 0 to 35 days, decreasing aP level had a significant negative effect on FCR at R1.8 but not at R2.1 (G1 = 1,50a; G2 = 1,47b; G3 = 1,50a; G4 = 1,48ab; G5 = 1,48ab; $P = 0,01$). No significant difference was observed on the other growth performance parameters. Bone mineralization was deteriorated by low aP levels ($P < 0,01$). Bone breaking strength was also reduced by low aP levels ($P = 0,012$) as well as a low Ca:aP ratio ($P = 0,042$). In conclusion, aP level in the diets could be slightly reduced with maintained growth only with good monitoring of Ca level and caution, because feed efficiency and bone mineralization can be quickly degraded.

INTRODUCTION

Le stock mondial de phosphate minéral est limité et les prévisions annoncent un épuisement dans 30 à 300 ans (Dourmad *et al.*, 2020). Aussi, il est important de réduire et d'optimiser son usage, d'autant que le phosphore (P) est essentiel en alimentation animale mais aussi en agriculture pour la croissance des végétaux, dans les produits d'hygiène, les poudres à lever, etc. Cette faible disponibilité fait flamber les prix, qui sont déjà variables et très impactés par certains événements géopolitiques. Le P apporté en excès aux animaux n'est pas valorisé mais excrété dans l'environnement, ce qui peut entraîner l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. La réduction des apports de phosphate minéral dans l'alimentation animale a donc un intérêt économique et écologique. Cependant le maintien d'un niveau suffisant de P est essentiel car il intervient dans de nombreuses fonctions de l'organisme. Environ 80 % du P total dans l'organisme sont stockés sous forme d'hydroxyapatite dans les os et assurent la solidité du squelette. Les 20 % restants interviennent dans de nombreuses fonctions, comme l'approvisionnement en énergie via l'adénosine triphosphate (ATP). Le P est intégré dans toutes les membranes cellulaires dans les phospholipides ; Il est un constituant de l'ADN et des ARN et il est donc essentiel à la synthèse protéique. Son absorption et son métabolisme sont en forte interaction avec celui du calcium (Ca). Chez le poulet, une baisse de 20 % de l'apport en P semble envisageable si le ratio Ca/P est maintenu stable (Delezi *et al.*, 2015). L'importance de ce ratio est soulignée dans de nombreuses études (Bradbury *et al.*, 2014 ; Diaz-Alonso *et al.*, 2019), pourtant certains travaux ne montrent pas d'impact du niveau de P non phytique (PNP) sur les performances avec un niveau de Ca fixe (Dhandu et Angel, 2003 ; Yan *et al.*, 2001). Cette divergence peut s'expliquer par des interventions effectuées sur différentes phases alimentaires (Bradbury *et al.*, 2014). Un ratio Ca/Pdisp de 2,1 est souvent recommandé (Díaz-Alonso *et al.*, 2019). Cependant, des niveaux élevés de Ca réduisant les performances et l'efficacité des phytases (Aker *et al.*, 2016), il paraissait intéressant de tester une réduction de l'apport en Ca. L'objectif de cette étude était d'évaluer la faisabilité de la réduction des niveaux de P disponible (Pdisp) sur les performances et la minéralisation osseuse de poulets tout en évaluant l'interaction avec le ratio Ca/Pdisp.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Schéma expérimental

240 poulets mâles de souche Ross 308 d'un jour ont été répartis dans 60 cages de 4 poulets et distribués aléatoirement en 5 groupes (12 répétitions par groupe) afin d'homogénéiser le poids moyen par groupe et au sein des cages.

Un plan factoriel incomplet a été appliqué, avec deux ratios de Ca/Pdisp: 2,1 (R2.1) et 1,8 (R1.8) et 2 niveaux de Pdisp. Un troisième niveau de Pdisp, intermédiaire, a aussi été testé avec le ratio 2,1, aboutissant aux groupes suivants : groupe 1 (G1) : R1.8 et Pdisp bas ; groupe 2 (G2) : R1.8 et Pdisp haut ; groupe 3 (G3) : R2.1 et Pdisp bas ; groupe 4 (G4) : R2.1 et Pdisp intermédiaire et groupe 5 (G5) : R2.1 et Pdisp haut (voir tableau 1). Une phytase a été incorporée dans tous les aliments à la dose de 1000 U/kg. Les niveaux indiqués dans le tableau 1 incluent l'apport de 0,15 % de Pdisp et de 0,16 % de Ca via la phytase. Les aliments démarrage (0-10 jours), croissance (10-21 jours), finition 1 (21-28 jours) et finition 2 (28-35 jours) étaient iso-nutritionnels hormis les niveaux de Pdisp et ratio Ca/Pdisp. L'aliment démarrage était distribué en miette, les suivants en granulés. Les animaux étaient nourris *ad libitum* avec un libre accès à l'eau de boisson.

La consommation d'aliment et le poids vif moyen par cage ont été mesurés à chaque transition alimentaire. Le gain moyen quotidien (GMQ) et la consommation moyenne journalière (CMJ) ont été calculés sur chaque phase ainsi que l'indice de consommation (IC) corrigé de la mortalité. À 35 jours, 12 poulets par groupe ont été euthanasiés et les paramètres du tibia (poids, force de fracture, force maximale, rigidité, matière sèche, matière minérale, teneur en calcium et en phosphore) ont été mesurés.

1.2. Analyse statistique

L'analyse a été réalisée sur R version 4.0.2 (R Core Team 2020). Les performances de croissance sur chaque phase et les paramètres de minéralisation osseuse ont été évalués par des modèles de régression linéaire testant l'effet du niveau de Pdisp pour chaque ratio Ca/Pdisp, l'interaction entre Pdisp et Ca/Pdisp ou l'effet du groupe. L'effet a été considéré significatif si $P < 0,05$, comme une tendance si $0,05 < P < 0,10$.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Durant la phase de démarrage, une interaction a été observée entre le niveau de Pdisp et le ratio Ca/P sur tous les paramètres ($P \leq 0,036$), avec un effet négatif de la baisse du Pdisp sur le poids, le GMQ, la CMJ et l'IC pour les groupes R1.8 mais positif pour les groupes R2.1.

Sur la période 10-21 jours, une interaction ($P = 0,036$) entre le niveau de Pdisp et le ratio Ca/Pdisp a été à nouveau observée sur le poids vif à 21 jours,

avec un poids négativement impacté par la baisse du Pdisp à R1.8 mais amélioré à R2.1. Le GMQ a été dégradé par la baisse de Pdisp ($P = 0,032$), de manière plus marquée à R1.8 qu'à R2.1. ($65,9 \pm 2,1$ et $68,8 \pm 5,1$ g/j à Pdisp bas et haut, respectivement, à R1.8 ; $66,8 \pm 2,0$ et $67,4 \pm 3,2$ à R2.1).

En finition 1, aucune interaction significative n'a été observée. Le poids à 28 jours a été négativement impacté par la baisse de Pdisp ($P = 0,029$), de manière plus marquée à R1.8 qu'à R2.1.

En finition 2, le poids vif à 35 jours a été réduit par la baisse de Pdisp ($P = 0,029$). Une interaction ($P = 0,005$) entre le niveau de Pdisp et le ratio Ca/Pdisp a été à nouveau observée sur l'IC, avec une dégradation importante de l'IC par la baisse du Pdisp à R1.8 ($1,65 \pm 0,06$ contre $1,60 \pm 0,05$), mais une amélioration à R2.1 ($1,62 \pm 0,04$ contre $1,65 \pm 0,06$). Sur la période globale, aucune interaction significative n'a été observée. La baisse du Pdisp a eu un effet négatif sur le poids vif ($P = 0,029$), le GMQ ($P = 0,029$) et l'IC ($P = 0,002$), de manière plus marquée sur les groupes R1.8 par rapport aux groupes R2.1. L'ensemble des résultats zootechniques sont présentés dans le tableau 2.

La réduction du coût du programme alimentaire du fait de la réduction du phosphate, de 1 % entre Pdisp haut et Pdisp bas, a entraîné une augmentation du coût du kg de croît de 1% à R1.8 contre 0,1 % seulement à R2.1. Le niveau intermédiaire, à R2.1, réduisant de 0,75 % le coût du programme alimentaire, améliore le coût du kg de croît de 0,68%.

Aucune interaction significative n'a été constatée entre le niveau de Pdisp et le ratio Ca/Pdisp sur les paramètres de minéralisation osseuse. Ils ont tous été dégradés par la baisse du niveau de Pdisp. La réduction du ratio Ca/Pdisp a également significativement dégradé la force de fracture (178, 234, 214, 264 et 284 N dans les groupes 1 à 5 respectivement), la force maximale et la rigidité (voir tableau 3).

L'amélioration du poids et du GMQ avec la baisse de Pdisp en démarrage n'était pas attendue au ratio R2.1. En effet, de nombreuses études montrent une amélioration des performances de croissances avec l'augmentation de l'apport du P (Akter *et al.*, 2016, Babatunde *et al.*, 2019), confirmé dans la méta-analyse de Létourneau-Montminy *et al.*, (2010) qui

a montré une hausse linéaire et quadratique du GMQ, de la consommation, de l'efficacité alimentaire et de la minéralisation osseuse avec l'augmentation de PNP, cette relation étant modifiée par le niveau de Ca et la présence de phytase. David *et al.* (2021) préconisent un apport de 0,5 % de P digestible pour des poulets Ross 308 entre 0 et 10 jours, soit 0,68 % de P total dans leurs régimes, ce qui correspond au niveau haut testé dans cet essai. Pour cet apport en P, le niveau de Ca optimal pour maximiser le gain de poids était de 0,7 % mais le besoin était également supérieur, à 0,9 %, pour maximiser la minéralisation osseuse.

Après un démarrage adéquat, la réduction jusqu'à 30 % du Pdisp pour atteindre 0,30 et 0,28 % de Pdisp sur les périodes 11-24 et 25-42 jours peut ne pas impacter négativement les performances à un ratio Ca/Pdisp de 2 (Noruzi *et al.*, 2023). La stratégie de réduction de P doit donc être finement étudiée, sur chaque phase de croissance, en lien avec le niveau de calcium et de phytase.

CONCLUSION

Les performances de croissance peuvent être maintenue avec une baisse modérée de Pdisp si l'apport de Ca est suffisant, mais les phases d'intervention et les niveaux de baisse doivent être évalués plus précisément dans de prochaines études. La minéralisation osseuse nécessite un apport de Pdisp supérieur à celui nécessaire pour une croissance maximale. Ainsi, elle est dégradée par la réduction de l'apport de Pdisp, d'autant plus à un ratio Ca/Pdisp de 1,8. Ce ratio doit être maîtrisé car l'efficacité alimentaire et la minéralisation osseuse peuvent être rapidement dégradées dans le cas contraire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de la station Euronutrition pour la mise en place de cet essai et particulièrement Bruno CHEVE, responsable de la station volaille ainsi que Zootests pour les mesures de minéralisation osseuse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akter M., Graham H., Iji P.A., 2016. Br. Poult. Sci. 57(6), 799-809
Babatunde O.O., Cowieson A.J., Wilson J.W., Adeola O., 2019. Poult. Sci. 98(6), 2588-2597
Bradbury E.J., Wilkinson S.J., Cronin G.M., Thomson P.C., Bedford M.R., Cowieson A.J., 2014. Animal, 8(7), 1071-1079
David L.S., Abdollahi M.R., Bedford M.R., Ravindran V., 2021. Poult. Sci. 100(11), 101439
Dhandu A.S., Angel R, 2003. Poult. Sci. 82(8), 1257-1265
Delezie E., Bierman K., Nollet L., Maertens L., 2015. J. Appl. Poult. Res. 24(2), 115-126

Díaz-Alonso J.A., Gómez-Rosales S., Angeles M. de L., Ávila-González E., López-Coello C., 2019. J. Appl. Poult. Res. 28(2), 339-349

Dourmad J.Y., Boudon A., Narcy A., 2020. INRAE production animales, 33(1), 31-40

Létourneau-Montminy M.P., Narcy A., Lescoat P., Bernier J.F., Magnin M., Pomar C., Nys Y., Sauvant D., Jondreville C., 2010. Animal, 4(11), 1844-1853

Nozuri H., Hassanabadi A., Golian A., Aziz-Aliabadi F., 2023. Br. Poult. Sci. 64(2) 231-241

R Core Team, 2020. <https://www.R-project.org/>

Yan F., Kersey J.H., Waldroup P.W., 2001. Poult. Sci. 80(4), 455-459

Tableau 1. Niveaux de phosphore disponible (Pdisp), de calcium (Ca), d'énergie métabolisable (EMA), de protéines brutes (PB) et de lysine digestible (Lys dig) formulés dans les aliments distribués aux animaux

Ca/Pdisp		1,8		2,1		
Pdisp		Bas	Haut	Bas	Intermédiaire	Haut
Groupe		G1	G2	G3	G4	G5
Démarrage (0-10j)	Pdisp (%)	0,41	0,49	0,41	0,45	0,49
	Ca (%)	0,72	0,86	0,84	0,92	1,01
	EMA (kcal/kg)			2700		
	PB (%)			21,5		
	Lys dig (%)			1,18		
Croissance (10-21j)	Pdisp (%)	0,33	0,41	0,33	0,37	0,41
	Ca (%)	0,58	0,72	0,67	0,76	0,84
	EMA (kcal/kg)			2860		
	PB (%)			19,6		
	Lys dig (%)			1,07		
Finition 1 (21-28j)	Pdisp (%)	0,26	0,35	0,26	0,31	0,35
	Ca (%)	0,46	0,61	0,53	0,63	0,71
	EMA (kcal/kg)			2940		
	PB (%)			18,7		
	Lys dig (%)			1,03		
Finition 2 (28-35j)	Pdisp (%)	0,26	0,31	0,26	0,26	0,31
	Ca (%)	0,46	0,54	0,52	0,52	0,63
	EMA (kcal/kg)			3020		
	PB (%)			18		
	Lys dig (%)			0,98		

Tableau 2. Effet de deux ou trois niveaux de Pdisp à deux ratios calcium/Pdisp sur les performances de croissance

Ca/Pdisp	1,8		2,1						
P disp	Bas	Haut	Bas	Intermédiaire	Haut	P-Value			
Groupe	G1	G2	G3	G4	G5	SEM	Pdisp	Ca/Pdisp	Pdisp*Ca/P
Démarrage 0 – 10 jours									
Poids vif (g)	275	283	286	290	274	6.7	0.071	0.014	0.015
GMQ (g/j)	23.2	23.9	24.2	24.6	23.0	0.7	0.072	0.014	0.015
CMJ (g/j)	30.3	30.8	31.5	31.6	30.2	0.8	0.194	0.033	0.036
IC	1.31	1.29	1.30	1.29	1.31	0.02	0.019	0.006	0.005
Croissance 10 – 21 jours									
Poids vif (g)	1000	1039	1021	1046	1016	18	0.008	0.036	0.036
GMQ (g/j)	65.9	68.8	66.8	68.8	67.4	1.3	0.032	0.211	0.225
CMJ (g/j)	90.1	93.0	91.4	92.5	90.9	1.8	0.102	0.167	0.165
IC	1.37	1.35	1.37	1.34	1.35	0.01	0.125	0.799	0.711
Finition 1 21 – 28 jours									
Poids vif (g)	1709	1777	1742	1769	1784	31	0.029	0.452	0.536
GMQ (g/j)	101	105	103	104	109	2	0.060	0.826	0.714
CMJ (g/j)	155	159	159	158	162	2	0.146	0.555	0.690
IC	1.53	1.51	1.54	1.53	1.50	0.02	0.177	0.275	0.309
Finition 2 28 – 35 jours									
Poids vif (g)	2550	2641	2614	2636	2624	41	0.029	0.072	0.091
GMQ (g/j)	120	124	125	124	123	3	0.279	0.231	0.268
CMJ (g/j)	198	197	202	200	201	4	0.817	0.993	0.903
IC	1.65	1.60	1.62	1.61	1.65	0.02	0.019	0.006	0.005
Période globale 0 – 35 jours									
Poids vif (g)	2550	2641	2614	2636	2624	41	0.029	0.086	0.160
GMQ (g/j)	71.6	74.2	73.4	74.1	73.7	1	0.029	0.086	0.160
CMJ (g/j)	108	109	110	110	110	2	0.345	0.242	0.493
IC	1.50	1.47	1.50	1.48	1.48	0.01	0.002	0.312	0.213

Tableau 3. Effet de deux ou trois niveaux de P disp à deux ratios calcium/Pdisp sur la minéralisation osseuse

Ca/Pdisp	1,8		2,1						
P disp	Bas	Haut	Bas	Intermédiaire	Haut	P-Value			
Groupe	G1	G2	G3	G4	G5	SEM	Pdisp	Ca/Pdisp	Pdisp*Ca/P
Poids de tibia (g)	17.28	17.56	18.34	19.04	18.27	0.63	0.404	0.051	0.695
Force de fracture (N)	178	234	214	264	284	29	0.012	0.042	0.733
Force maximale (N)	228	281	271	291	312	17	0.001	0.003	0.609
Rigidité (N/mm)	99	128	115	129	134	6	0.000	0.015	0.245
Matière sèche (% PT [§])	39.7	43.0	40.6	41.9	42.0	0.8	0.000	0.869	0.104
Matière minérale (% PT)	13.62	16.09	14.38	14.65	15.76	0.40	0.000	0.490	0.090
Ca (% PT)	4.59	5.44	4.71	4.94	5.27	0.19	0.000	0.779	0.122
P (% PT)	2.28	2.65	2.33	2.41	2.56	0.09	0.000	0.861	0.125

[§] PT : Poids du tibia