

MODULATION DE L'UTILISATION DU PHOSPHORE ALIMENTAIRE CHEZ LE POULET EN PHASE DE FINITION

Rousseau Xavière^{1,2}, Mème Nathalie², Magnin Michel¹, Nys Yves² et Narcy Agnès²

¹BNA-NA - ZI Bellitourne - 53200 CHATEAU-GONTIER,

²INRA - UR83 Recherches Avicoles - Domaine de l'Orfrasière - 37380 NOUZILLY

xaviere.rousseau@gmail.com

RESUME

L'objectif de l'étude était d'évaluer les possibilités de modulation de l'apport de P chez le poulet en phase de finition en fonction de l'apport de Ca. Douze régimes à base de maïs et de tourteau de soja différant (1) par leur teneur en Ca (bas (BCa) 0,37; moyen (MCa) 0,57 et haut (HCa) 0,77%), (2) par l'apport de P non-phytique (bas (BP) 0,18 et haut (HP) 0,32%) et (3) par une supplémentation ou non en phytase microbienne (0 ou 500 FTU/kg) ont été testés. En phase de démarrage et de croissance, les apports de Ca et P étaient respectivement de 8,2 et 5,7 g/kg. Les performances de croissance, la minéralisation osseuse et la rétention de P et Ca ont été étudiées sur 144 (12x12) poulets de type Ross PM3 élevés en cages individuelles entre 22 et 38 jours d'âge. Les performances de croissance n'étaient pas significativement différentes entre les traitements. Cependant, une diminution numérique du gain moyen quotidien et de la consommation associée à une augmentation de l'indice de consommation ont été observées chez les animaux ayant reçu les régimes HCa-BP et BCa-HP. La diminution de l'apport alimentaire de Ca a eu un impact négatif sur la teneur en cendres du tibia (Ca, Linéaire: $P < 0,001$; Quadratique: $P = 0,034$) et sur son poids sec pour le niveau le plus haut de P (Ca x PNP; $P = 0,035$). En revanche, l'augmentation de la teneur de Ca a provoqué une réduction du flux de P retenu ($P = 0,022$) et du poids de tibia sec pour les régimes BP (Ca x PNP; $P = 0,035$). La teneur en cendres et la rétention de P des poulets ont été améliorées par l'addition de phytase en particulier pour les régimes les moins concentrés en P (PNP x phytase, $P = 0,021$ et $P = 0,009$; respectivement). La phytase a également augmenté le poids sec, la force à la rupture et le diamètre du tibia des poulets ayant reçu les régimes les plus concentrés en Ca (Ca x phytase; $P < 0,05$). Il apparaît possible de diminuer la teneur de P de l'aliment par rapport aux recommandations sans compromettre les performances de croissance. Cependant, l'apport de Ca devra être adapté en fonction de la réponse souhaitée en termes de minéralisation osseuse et de rejets.

ABSTRACT

Phosphorus utilization in finishing broiler chickens: effects of dietary calcium and microbial phytase

The study was conducted to evaluate the impact of dietary P in finishing broiler chickens in relation to dietary concentrations of Ca and microbial phytase addition. Twelve corn and soybean meal-based diets varying in Ca (low (BCa) 0.37, medium (MCa) 0.57 and high (HCa) 0.77%), and non-phytate P (PNP; low (BP) 0.18 and high (HP) 0.32%) content were tested with and without microbial phytase (0 or 500 FTU/kg). Feed intake, body weight gain, bone mineralization and mineral retention were examined in 144 Ross PM3 broilers (22 to 38 d old) reared in individual cages. Growth performance was not significantly affected by the treatments. Nevertheless, a numerical decrease of average daily gain and average daily feed intake was observed in HCa-BP and BCa-HP associated with an increase of feed conversion ratio. Decreased dietary Ca reduced tibia ash content (Ca, Linear: $P < 0.001$; Quadratic: $P = 0.034$) and tibia ash weight for the highest level of PNP (Ca x PNP; $P = 0.035$). In parallel, increasing dietary Ca reduced the flow of retained P ($P = 0.022$) but also tibia ash weight in BP diets (Ca x PNP; $P = 0.035$). The responses of the animals in terms of tibia ash content and P retention were improved by the addition of microbial phytase especially for the lowest P diets (PNP x phytase, $P = 0.021$ and $P = 0.009$; respectively). Phytase increased dry tibia weight, bone breaking strength and tibia diameter in broilers fed the highest Ca diets (Ca x phytase; $P < 0.05$). We conclude that is possible to decrease P levels in finishing broiler. Nevertheless, Ca supply should be adapted according to the targeted response in terms of bone mineralization and excretion.

INTRODUCTION

Le développement de systèmes d'alimentation pour les volailles assurant une utilisation efficace des ressources minérales, en particulier du phosphore (P), demeure un impératif en termes de durabilité de la production. Le phosphore d'origine minérale constitue en effet une ressource non-renouvelable et coûteuse tandis que son élimination dans les déjections doit être limitée pour faciliter la maîtrise des impacts environnementaux. Ce dernier point est d'autant plus crucial que la législation a été récemment durcie. Dans ce cadre, il apparaît que durant la phase de finition, la consommation des poulets représente 75% de l'apport alimentaire total conduisant à des quantités importantes de P excrété. A cela s'ajoute le fait que la capacité de rétention des animaux est réduite avec l'âge (Rousseau *et al.*, 2012). Il est donc particulièrement important d'identifier les possibilités de modulation des apports de P chez le poulet en finition permettant d'assurer un bon niveau de performances et une qualité optimale de minéralisation du squelette. Il convient en particulier de déterminer les conditions optimales d'efficacité de la phytase microbienne en lien avec l'apport de calcium (Ca) ce qui a été relativement peu étudié durant la phase de finition (Narcy *et al.*, 2009). Cette étude a donc été réalisée dans le but de caractériser l'effet de la teneur en P non-phytique (PNP) et en Ca dans des régimes supplémentés ou non en phytase microbienne chez le poulet en phase de finition, et ce, en termes de performances de croissance, de minéralisation osseuse et d'excrétion.

1. MATERIELS ET METHODES

Les douze aliments expérimentaux à base de maïs et de tourteau de soja ont été formulés de façon à satisfaire l'ensemble des besoins nutritionnels de poulets entre 22 et 38 jours d'âge (NRC, 1994) à l'exception de Ca et de P (Tableau 1). Les aliments différaient par leur teneur en Ca (BCa : 0,37; MCa : 0,57 et HCa : 0,77 %), en PNP (BP : 0,18 et HP : 0,32%) et en phytase microbienne (0 ou 500 FTU/kg; Natuphos®, BASF SE, Ludwigshafen, Germany, 11850 FTU/kg). Un total de 300 poussins mâles de 1 jour (Ross PM3) ont été élevés en cages métaboliques jusqu'à 21 jours d'âge (4 oiseaux par cage jusqu'à 6 jours et 2 jusqu'à 21 jours) et nourris avec un régime à base de maïs et tourteau de soja formulés au niveau des recommandations NRC (1994) (Ca : 0.82% et P : 0.57%). A 22 jours d'âge, 144 poulets d'un poids vif d'environ 905 ± 108 g ont été sélectionnés et répartis en 12 blocs de 12 animaux sur la base du poids vif. Ils ont ensuite été élevés en cages individuelles et ont reçu un des 12 régimes expérimentaux sous forme de granulés jusqu'à 38 jours. La température initiale de la cellule était de 30°C et a été réduite graduellement jusqu'à 20°C. Ils ont été maintenus sous 18 h de

lumière et nourris *ad libitum*. Le poids vif et la consommation étaient enregistrés à 22, 29, 33 et 38 jours d'âge. A J22, 12 oiseaux ont été sacrifiés et le tibia droit prélevé. Un bilan de rétention a été réalisé entre 29 et 33 jours d'âge sur l'ensemble des animaux avec une collecte totale des excréta et un bilan de consommation. Les excréta ont été lyophilisés puis broyés finement. A la fin de l'expérimentation, après 8 h de jeûne, les animaux ont été réalimentés 2h30 avant d'être euthanasiés par injection de pentobarbital sodique. Le tibia droit de chaque animal a été prélevé et stocké à -20°C. Le poids, la longueur et le diamètre des tibias ont été déterminés avant mesure de la force à la rupture à (modèle 5543, Instron SA, Buc, France). Après détermination de leur matière sèche (103°C pendant 12h pour les tibias et 4h pour les régimes et les excréta), les échantillons des régimes, les tibias et les excréta ont été réduits en cendres (550°C pendant 12h) dans un four à moufle. Les cendres ont ensuite été solubilisées dans l'acide nitrique 16N et le peroxyde d'hydrogène 30% sur un bain à sec jusqu'à évaporation, et finalement diluées dans l'acide nitrique 0,4N. Le calcium a été dosé par spectrométrie d'absorption atomique (SOLAAR M6, Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) et le phosphore inorganique par colorimétrie à l'aide d'un kit-UV (BioMérieux SA, Lyon, France). L'activité phytasique dans les régimes a été mesurée par colorimétrie après incubation dans une solution de phytate de sodium (Engelen *et al.*, 1994).

Les données ont été analysées par analyse de variance (ANOVA) avec la procédure MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Le modèle incluait la teneur alimentaire de Ca, de PNP ainsi que l'activité phytasique comme facteurs principaux. Les effets linéaire et quadratique relatifs à la teneur de Ca ont été testés au moyen de la méthode des contrastes en l'absence d'interaction.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les performances de croissance des poulets entre 22 et 38 jours d'âge n'ont pas été significativement affectées par les apports de Ca, PNP et phytase microbienne (Tableau 2). Il faut toutefois noter que les régimes BCa-HP et HCa-BP semblent entraîner une baisse numérique des performances par rapport aux autres traitements, ce qui pourrait être dû au déséquilibre entre le Ca et le P exacerbé par la formation de complexes insolubles dans le chyme (Heaney et Nordin, 2002). Les régimes riches en Ca pourraient donc conduire à une diminution de la disponibilité digestive de P, aggravant la déficience en ce minéral (Létourneau-Montminy *et al.*, 2010). Il apparaît donc possible de diminuer l'apport de P par rapport aux recommandations chez le poulet en phase de finition tout en évitant des apports élevés en Ca susceptibles, bien qu'aucune différence significative n'ait été mise en évidence dans cette expérience où l'effectif demeurait faible, d'entraîner une

détérioration des performances pouvant se traduire par des pertes économiques non négligeables sur le terrain. Par ailleurs, la baisse de Ca a provoqué une diminution du poids de tibia pour le niveau le plus haut de PNP (Tableau 3 et Figure 1a) tandis que la teneur en cendres du tibia a été diminuée suggérant que le Ca était l'élément limitant pour la minéralisation osseuse (Tableau 3). Ces résultats illustrent le besoin spécifique de Ca et de P pour le développement de la matrice minérale de l'os. A bas Ca, le ratio Ca ingéré : gain de cendres entre 22 et 38 jours était réduit indiquant une efficacité supérieure à utiliser le Ca pour la croissance osseuse (Tableau 3). Cette amélioration de l'efficacité serait liée à une augmentation de l'absorption intestinale de Ca sous contrôle de la vitamine D et l'absorption de P pourrait être parallèlement activée au travers du même mécanisme (Han *et al.*, 2009). Cependant, dans ces conditions de teneur réduite en Ca, le ratio P ingéré : gain de cendres était plus important à HP indiquant une moindre efficacité des animaux à utiliser le P pour la croissance osseuse (Figure 1b). Le manque de Ca est également susceptible de stimuler le turn-over osseux en vue de compenser la baisse de la calcémie observée (Tableau 2). La calcémie est contrôlée finement par un système complexe de régulation incluant l'os, l'intestin, le rein et de nombreuses hormones. Dans cette expérience, il apparaît que ce contrôle de l'homéostasie calcique ait été insuffisant pour maintenir la concentration plasmatique de Ca et une minéralisation osseuse optimale. Par ailleurs, il apparaît que des concentrations élevées de Ca peuvent affecter négativement la rétention globale de P, le flux de P retenu étant diminué chez les poulets ayant reçu les régimes HCa comparés aux régimes BCa et MCa (Tableau 2). Le diamètre du tibia était diminué avec les régimes BP présentant des niveaux faibles et modéré de Ca. Cependant, ce phénomène n'était pas accompagné d'une augmentation du dépôt minéral (Tableau 3) indiquant probablement une porosité plus importante de l'os cortical résultant d'un manque de substrats minéraux ou d'une augmentation du turn-over osseux. L'amélioration de la disponibilité digestive de P liée à l'apport de phytase se traduit par

une augmentation du poids de tibia sec (Tableau 3) et de la phosphorémie (Tableau 2). L'efficacité de l'utilisation du P ingéré pour la croissance osseuse a été augmentée significativement par la phytase indépendamment de l'apport de Ca (Tableau 3). De plus, la réponse des animaux à la phytase en terme de concentration de cendres tibiales et de rétention de P était plus importante dans les régimes les moins concentrés en P. Des mécanismes de régulation destinés à contrecarrer la déficience ont probablement été activés. Dans ces conditions, l'excrétion de P dans l'environnement était réduite mais la minéralisation osseuse n'a pu être maximisée. L'addition de phytase a eu un effet positif sur le poids sec et le diamètre du tibia seulement chez les animaux ayant reçu les aliments les plus concentrés en Ca ce qui renforce la nécessité d'un apport suffisant et équilibré de Ca pour optimiser les caractéristiques osseuses. Finalement, la baisse du poids et du diamètre du tibia chez les animaux ayant reçu les aliments sans phytase et les plus concentrés en Ca, peuvent résulter d'une moindre disponibilité digestive de P. Ceci était corroboré par la moindre efficacité du Ca alimentaire à être utilisé pour la minéralisation osseuse (Tableau 3) lorsque la teneur de Ca était augmentée dans les régimes exempts de phytase et les moins concentrés en P. L'excès de Ca ne peut être utilisé pour la minéralisation osseuse lorsque l'apport de P est trop bas conduisant à une élimination de Ca dans les urines. Le squelette étant le site majeur de stockage du Ca, la rétention de Ca était également minimale dans ces conditions (résultats non présentés).

CONCLUSION

Il apparaît possible de réduire les apports de P en dessous des recommandations usuelles durant la phase de finition sans compromettre les performances de croissance. Cependant, compte tenu des réponses spécifiques en termes de minéralisation osseuse et de rétention, l'apport de Ca devra être adapté en fonction de l'objectif souhaité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Engelen, A. J., F. C. van der Heeft, P. H. Randsdorp, E. L. Smit. 1994. Journal of AOAC International 77:760-764.
- Han, J. C., X. D. Yang, T. Zhang, H. Li, W. L. Li, Z. Y. Zhang, J. H. Yao. 2009b. Poult. Sci. 88:323-329.
- Heaney, R. P., B. E. C. Nordin. 2002. J. Am. Coll. Nutr. 21:239-244.
- Létourneau-Montminy, M. P., A. Narcy, P. Lescoat, J. F. Bernier, M. Magnin, C. Pomar, Y. Nys, D. Sauvant, C. Jondreville. 2010. Animal 4:1844-1853.
- Narcy, A., M. P. Létourneau-Montminy, M. Magnin, P. Lescoat, C. Jondreville, D. Sauvant, Y. Nys. 2009. 17th European Symposium on Poultry Nutrition, 23-27/08/09 :14-20.
- NRC. 1994. Nutrient Requirement of Poultry, 9th rev, Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Rousseau, X., Létourneau-Montminy, M.P., Magnin, M., Nys Y., Narcy A. World Poultry Congress, Salvador, Bahia, Brésil, 2012.

Tableau 1. Composition des régimes expérimentaux entre 21 et 38 jours d'âge¹

	BCa (0,37)				MCa (0,57)				HCa (0,77)			
	BP (0,18)		HP (0,32)		BP (0,18)		HP (0,32)		BP (0,18)		HP (0,32)	
	0	500	0	500	0	500	0	500	0	500	0	500
<i>Ingrédients (g/kg)</i> ²												
Maïs	695	695	695	695	695	695	695	695	695	695	695	695
Amidon de maïs	24,2	24,2	21,3	21,3	19	19	16,1	16,1	12,7	12,7	9,3	9,3
Huile de soja	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11,4	11,4
Tourteau de soja 48	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
Carbonate de calcium	3,2	3,2	0	0	8,5	8,5	5,3	5,3	13,8	13,8	10,7	10,7
Phosphate monocalcique	3,5	3,5	9,6	9,6	3,5	3,5	9,6	9,6	3,5	3,5	9,6	9,6
Prémix ³	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Anticoccidien ⁴	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Phytase 10000 U/kg		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05
Ca analysé (%)	0,40	0,41	0,39	0,39	0,58	0,53	0,55	0,54	0,76	0,68	0,70	0,68
P total analysé (%)	0,41	0,41	0,53	0,51	0,4	0,39	0,52	0,55	0,41	0,39	0,51	0,48
Activité phytasique (FTU/kg)	< 30	470	< 30	490	< 30	700	< 30	580	< 30	640	< 30	310

¹BCa = Bas Calcium ; MCa = Moyen Calcium ; HCa = Haut Calcium ; BP = Bas Phosphore ; HP = Haut Phosphore

²Tous les régimes expérimentaux contiennent : gluten de maïs (31 g/kg) ; DL-Méthionine (2 g/kg) ; L-Lysine (3,4 g/kg) ; sel (3 g/kg) ; oxyde de titane (5 g/kg)

³Apporte par kg de régime : 5,2 mg vitamin A, 0,125 mg vitamin D3, 100 mg vitamin E, 5 mg vitamin K3, 5 mg vitamin B1, 8 mg vitamin B2, 100 mg vitamin B3, 25 mg vitamin B5, 7 mg vitamin B6, 0,3 mg vitamin B8, 3 mg vitamin B9, 0,02 mg vitamin B12, 550 mg choline, 60 mg Fe, 20 mg Cu, 80 mg Mn, 90 mg Zn, 0,6 mg Co (CoSO4), 2 mg I (Ca(IO3)2), 0,2 mg Se (Na2SeO3), 1,18 g Ca (CaCO3).

⁴Cygro

Tableau 2. Performance de croissance (21-38j), teneurs plasmatiques de P et Ca à 38 jours et rétention de P (32-36j) des poulets¹.

REGIMES ¹										
	Ca	PNP	Phytase	GMQ (g/j)	CMJ (g/j)	IC	[P] plasma (mg/L)	[Ca] plasmatique (mg/L)	P retenu (g/j)	Rétention de P (%)
	0,37	0,18	0	90,1	138,2	1,533	67,64	109,3	0,391	53,68
	0,37	0,18	500	87,5	136,7	1,567	65,10	110,7	0,442	59,37
	0,37	0,32	0	79,8	132,7	1,600	66,24	105,0	0,442	48,25
	0,37	0,32	500	82,5	136,5	1,612	74,60	109,7	0,460	50,36
	0,57	0,18	0	91,6	141,9	1,550	54,60	115,1	0,472	59,29
	0,57	0,18	500	89,2	137,9	1,599	68,91	111,3	0,437	63,33
	0,57	0,32	0	87,4	138,6	1,595	67,25	111,7	0,438	46,47
	0,57	0,32	500	86,9	135,7	1,518	72,36	104,9	0,450	48,78
	0,77	0,18	0	80,5	133,7	1,629	43,83	124,9	0,369	51,45
	0,77	0,18	500	89,2	139,9	1,573	62,35	109,5	0,422	61,17
	0,77	0,32	0	84,5	133,2	1,599	62,06	118,5	0,410	48,46
	0,77	0,32	500	89,5	142,3	1,592	66,19	114,4	0,378	43,99
ETM ¹				4,2	5,3	0,033	6,27	5,1	0,030	2,27
ANOVA ^{2,3}				n = 128	n = 128	n = 124	n = 128	n = 127	n = 124	n = 126
Ca				NS	NS	NS	0,052 (L)	0,051 (L)	0,022 (L,Q)	NS
nPP				NS	NS	NS	0,022	NS	NS	<0,001
phytase				NS	NS	NS	0,016	NS	NS	0,009
Ca x phytase				NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ca x nPP				NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,094
phytase x nPP				NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,009
Ca x nPP x phytase				NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,089
R ² (%)				87	87	88	87	87	87	52

¹ Ca = calcium (%); PNP = Phosphore Non Phytique (%); Phytase = phytase microbienne (FTU/kg); GMQ = Gain Moyen Quotidien (g/j) ; IC = indice de consommation ; ETM = écart type de la moyenne

²NS = non significatif (P > 0,10), tendance : 0,05 < P < 0,10, significatif : P < 0,05

³ contraste L : linéaire ; Q : quadratique

Tableau 3. Efficacité d'utilisation de Ca et de P (22-38j) et caractéristiques tibiales (38j) des poulets

REGIMES ¹			Ca ingéré / cendres	P ingéré / cendres	Diamètre tibia	Poids de tibia sec	Poids de cendres	Teneur en cendres tibiales (%)
Ca	PNP	Phytase	(g/g)	(g/g)	(mm)	(g)	(g)	
0,37	0,18	0	6,71	7,92	9,06	8,13	2,38	29,4
0,37	0,18	500	6,66	7,86	8,86	7,92	2,42	29,8
0,37	0,32	0	6,85	9,7	8,82	7,74	2,39	31
0,37	0,32	500	6,31	9,31	8,79	7,72	2,46	31,9
0,57	0,18	0	8,82	7,11	9,53	8,51	2,59	30,5
0,57	0,18	500	6,99	5,68	9,12	8,25	2,77	33,5
0,57	0,32	0	7,83	8,55	8,81	8,15	2,67	32,7
0,57	0,32	500	7,29	8,13	8,82	8,39	2,77	33,1
0,77	0,18	0	12,8	8,17	8,41	7,62	2,33	30,6
0,77	0,18	500	9,81	7,41	9,03	8,48	2,76	32,7
0,77	0,32	0	9,06	7,25	8,75	8,14	2,83	34,3
0,77	0,32	500	8,78	6,9	9,05	8,64	2,92	33,7
ETM ¹			0,34	0,35	0,21	0,29	0,1	0,6
ANOVA ^{2,3}			n = 123	n = 125	n = 129	n = 123	n = 126	n = 124
Ca			<0,001	<0,001	NS	0,004	<0,001	<0,001 (L,Q)
nPP			<0,001	<0,001	NS	NS	0,013	<0,001
phytase			<0,001	0,004	NS	0,008	0,004	0,003
Ca x phytase			0,012	NS	0,031	0,012	NS	NS
Ca x nPP			<0,001	<0,001	0,042	NS	0,035	NS
phytase x nPP			0,002	NS	NS	NS	NS	0,021
Ca x nPP x phytase			0,003	NS	NS	NS	NS	0,091
R ² (%)			90	87	87	86	86	86

¹ Ca = calcium (%); PNP = Phosphore Non Phytique (%); Phytase = phytase microbienne (FTU/kg); GMQ = Gain Moyen

Quotidien (g/j) ; IC = indice de consommation ; ETM = écart type de la moyenne

² NS = non significatif (P > 0,10), tendance: 0,05 < P < 0,10, significatif : P < 0,05

³ contraste L : linéaire; Q : quadratique

Figure 1. Surface de réponse du poids de cendres tibiales (a) et du rapport P ingéré / gain de cendres (b) en fonction des apports de Ca et PNP.