

IMPACT D'UN NOUVEAU PHOSPHATE, L'HUMOPHOSPHATE DE CALCIUM, SUR LA CROISSANCE ET LA MINÉRALISATION OSSEUSE EN POULET DE CHAIR

Poujol Margot¹, Ribeiro Benjamin¹, Mireaux Mélanie², Guerini Céline², Richard Fabien², Coudert Edouard³, Bebin Karine²

¹*Phosphea, 57 Boulevard Jules Verger, 35800 DINARD*

²*CCPA, ZA du Bois de Teillay, 35150 JANZE*

³*Centre Mondial de l'Innovation Roullier, 18 avenue Franklin Roosevelt, 35400 SAINT-MALO*

margot.poujol@phosphea.com

RÉSUMÉ

Le phosphore (P) et le calcium (Ca) sont des éléments essentiels à la croissance des animaux. L'effet antinutritionnel du Ca doit être contrôlé pour optimiser l'absorption du P dans l'intestin. L'humophosphate de calcium (CHP) (P=21,6% ; Ca=15%), nouvellement breveté, pourrait avoir la capacité de se complexer avec le Ca et donc d'améliorer la digestibilité du P végétal. L'impact du remplacement du phosphate bicalcique (DCP ; P=18% ; Ca=28% ; 93% de disponibilité du P) par du CHP a été évalué sur les performances de croissance et de minéralisation osseuse en poulet de chair. Deux coefficients de disponibilité du P sont évalués pour CHP (93% et 113%) afin d'étudier l'effet dose sur l'efficacité de celui-ci. 144 poulets Ross 308 mâles ont été répartis sur 3 traitements (12 cages/traitement, 4 oiseaux/cage). Suite à un démarrage commun (J0-10) avec un DCP incorporé à 1,11%, 3 aliments nutritionnellement identiques ont été distribués (EM = 2900kcal ; PB = 19% ; Lysine digestible = 1,03% ; P disponible = 0,3% , Ca = 0,6%, 6-phytase = 1000FYT/kg) en croissance (J11-30). L'aliment DCP93 contient 0,23% de DCP, CHP93 contient 0,2% de CHP et CHP113 contient 0,16% de CHP. L'analyse statistique a été réalisée sous R (édition 4.1.3) par ANOVA, en utilisant le test post-hoc de Tukey. Les sources de P ne montrent pas de différence statistique sur les performances de croissance ($P>0,05$). Le CHP améliore significativement la résistance à la fracture (277, 388, 330 N pour DCP93, CHP93 et CHP113 respectivement) et la teneur en matière minérale de l'os par rapport au DCP (41%, 43,2% et 42,9% pour DCP93, CHP93 et CHP113 respectivement) ($P<0,05$). Le CHP à 113% de coefficient de disponibilité en P permet d'obtenir les mêmes performances de croissance ainsi que de minéralisation et de résistance osseuse qu'avec l'utilisation de DCP. Son utilisation à faible incorporation permet de répondre à la demande du marché tendant vers une alimentation de précision plus durable en production animale.

ABSTRACT

Impact of a new phosphate, calcium humophosphate, on the growth and bone mineralization of broilers
Phosphorus (P) and calcium (Ca) are essential elements for animal growth. The antinutritional effect of Ca must be controlled to optimize the absorption of P in the intestine. Calcium humophosphate (CHP) (P=21.6%; Ca=15%), newly patented, could have the capacity to complex with Ca and therefore improve the digestibility of plant-based P. The impact of replacing dicalcium phosphate (DCP; P=18%; Ca=28%; 93% P availability) with CHP was evaluated on growth performance and bone mineralization in broilers. Two P availability coefficients are evaluated for CHP (93% and 113%) to study the dose effect on its effectiveness. 144 Ross 308 male chickens were divided into 3 treatments (12 cages/treatment, 4 birds/cage). Following a common starter (D0-10) with a DCP incorporated at 1.11%, 3 nutritionally identical diets were distributed (EM = 2900kcal; PB = 19%; Digestible lysine = 1.03%; P available = 0, 3%, Ca = 0.6%, 6-phytase = 1000FYT/kg) in grower (D11-30). The diet DCP93 contains 0.23% DCP, CHP93 contains 0.2% CHP and CHP113 contains 0.16% CHP. Statistical analysis was carried out in R (edition 4.1.3) by ANOVA, using Tukey's post-hoc test. P sources do not show any statistical difference on growth performance ($P>0.05$). CHP significantly improves fracture strength (277, 388, 330 N for DCP93, CHP93 and CHP113 respectively) and bone mineral content compared to DCP (41%, 43.2% and 42.9% for DCP93, CHP93 and CHP113 respectively) ($P<0.05$). CHP with a 113% P availability coefficient allows to obtain the same growth performance as well as mineralization and bone strength as with the use of DCP. Its use at low incorporation allows to meet market demand for more sustainable precision feeding in animal production.

INTRODUCTION

Répondre aux besoins nutritionnels en phosphore (P) et calcium (Ca) du poulet de chair est crucial afin d'assurer le bon développement de son squelette et l'atteinte des objectifs de performances de croissance. L'apport de chaque minéral mais aussi leur ratio est important au bon développement des os et du poids de l'animal (Fallah et al., 2020). Historiquement, plus d'importance a été dédiée aux besoins en P qu'en Ca, principalement en raison du coût élevé du phosphore. Les capacités antinutritionnelles du Ca peuvent avoir des conséquences négatives sur le processus de digestion des nutriments : formation de complexes Ca-protéine-phytate insolubles, baisse de l'absorption du P, des protéines et acides aminés et détérioration des performances de croissance (Tamim et al., 2004 ; Selle et al., 2009). De plus, un déséquilibre entre Ca et P peut entraîner un excès de P excrété dans les fèces conduisant à un impact environnemental négatif quand la litière de volaille est distribuée comme fertilisant sur les cultures (eutrophisation et pollution) (Angel et al., 2013).

En nutrition animale, il existe 3 sources principales de P : végétale, minérale et animale. Le P végétal, ou phytique, est présent dans les céréales et tourteaux majoritairement sous forme d'acide phytique. Cette forme moléculaire du P requiert l'action d'une phytase afin de le rendre disponible à la digestion et l'absorption intestinale par les animaux. Le P minéral, issu des phosphates inorganiques, devient disponible à l'absorption intestinale via le processus naturel de solubilisation stomacale (impact du pH et de molécules actives naturellement excrétées par le tractus digestif des animaux). Il est donc possible d'observer une plus forte variabilité d'absorption du P via le végétal que le minéral, notamment due à la diversité des sources végétales et la formation de complexes Ca-phytate dans l'intestin. Une meilleure compréhension et contrôle du processus de recomplexation du Ca avec le P phytique pourraient favoriser une absorption plus efficace du P dans l'intestin.

Les substances humiques, constituants organiques du sol présentent des propriétés immunostimulantes, antiinflammatoires et antimicrobiennes (Klocking, 1994 ; EMEA, 1999 ; Klocking et al., 2002 ; Schepetkin et al., 2003 ; Joone et al., 2003 ; Joone and van Rensburg, 2004) et des capacités de chélation avec les cations positifs tel que le Ca (Rath et al., 2006). Les substances humiques pourraient ainsi limiter l'effet antinutritionnel du Ca et optimiser l'absorption du P dans l'intestin. Le développement d'un procédé innovant conduisant à une réaction chimique entre du phosphore purifié, une source de calcium et des substances humiques a permis la formation d'une nouvelle molécule de phosphate inorganique, brevetée et nommée humophosphate de calcium (CHP) (P=21,6% ; Ca=15%).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du remplacement du phosphate bicalcique (DCP ; P=18%

; Ca=28% ; 93% de disponibilité du P) par du CHP sur les performances de croissance et de minéralisation osseuse en poulet de chair. Deux coefficients de disponibilité du P sont évalués pour le CHP (93% et 113%) afin d'étudier l'effet dose sur l'efficacité de celui-ci.

MATERIELS ET METHODES

2.1. Dispositif expérimental et traitements

L'essai expérimental a été effectué sur 144 poulets de chair Ross 308 mâles, répartis aléatoirement en 3 traitements (12 répétitions par traitement - 4 oiseaux/cage).

Après une période « démarrage » commune (J0-10) avec un DCP incorporé à 1,11%, 3 aliments nutritionnellement identiques ont été distribués et formulé avec une 6-phytase à 1000FYT/kg en croissance (J11-30) (Tableau 1 et 2). L'aliment DCP93 contient 0,23% de DCP, CHP93 contient 0,2% de CHP et CHP113 contient 0,16% de CHP (Tableau 1 et 2), respectivement aux coefficients de disponibilité du P associé.

2.2. Paramètres mesurés

Performances de croissance

Les cages correspondent chacune à une unité expérimentale. Le poids corporel moyen de la cage a été mesuré à 0, 10, 21 et 30 jours. La consommation moyenne journalière (CMJ), l'indice de consommation (IC) et le gain moyen quotidien (GMQ) ont été calculés à 10, 21 et 30 jours.

Minéralisation osseuse

A 30 jours d'âge, 15 tibias par traitement ont été collectés afin de mesurer la minéralisation osseuse. Les paramètres mesurés sont : le poids, longueur, diamètre, résistance osseuse, matière sèche (MS), matière minérale (MM), Ca et P de l'os.

2.3. Analyse statistique

Les performances de croissance et les paramètres de minéralisation osseuse ont été soumises à une ANOVA (ou test Kruskal Wallis) sous R (édition 4.1.3) en utilisant le test post-hoc de Tukey. Chaque tableau de performance et minéralisation osseuse présente les moyennes et écart-types.

RESULTATS ET DISCUSSION

Performances de croissance

Conformément à l'attendu, l'aliment démarrage étant le même pour l'ensemble des traitements, aucune différence de performance n'a été observée à l'issue de

la période de démarrage (0-10 j) : GMQ : 24,1±1,6 g, CMJ : 33,1±1,5 g et IC : 1,28±0,04 (P>0,05).

Les aliments ont été formulés avec un faible taux de P disponible (P disp) et Ca : 0,3% et 0,60%, en comparaison aux recommandations Ross 308 de 2022 : 0,42% P disp et 0,75% Ca. Les données de poids à 30j n'ont pas été impactées par cette formulation et dépassent les standards de la souche Ross 308 mâle. En effet, la moyenne est de 2072g durant l'essai versus 1902g pour le standard (Tableau 3).

Les différentes sources ou concentrations de P n'entraînent pas de différence statistique pour les performances de croissance (Poids, CMJ, GMQ, IC) (P>0,05). Les besoins nutritionnels nécessaires à la croissance des animaux semblent donc avoir été atteints pour chacun des régimes donnés en phase « croissance ». Les propriétés nutritionnelles du CHP pourraient favoriser une meilleure digestion du P phytique et permettre ainsi d'atteindre les mêmes performances de croissance que le DCP à une dose d'incorporation 30% plus basse (0,16% vs 0,23%). Les chaînes d'acides carboxyliques des substances humiques leur octroient des capacités de chélation avec des cations (Szabo *et al*, 2017 ; Ozturk *et al*, 2014). Le CaCO₃ se solubilise dans l'estomac, libérant le calcium sous sa forme cationique Ca²⁺. Les substances humiques du CHP pourraient donc favoriser la chélation du Ca²⁺ avec les substances humiques et limiter le phénomène de recomplexation du Ca avec le P phytique, améliorant indirectement son absorption. Le procédé industriel spécifique permettant d'obtenir le CHP montre des meilleurs résultats qu'un mélange simple entre source de P et substances humiques (données non présentées).

Minéralisation osseuse

Le CHP améliore significativement la résistance à la fracture (277, 388, 330 N pour DCP93, CHP93 et CHP113 respectivement) et la teneur en matière minérale de l'os par rapport au DCP (41%, 43,2% et 42,9% pour DCP93, CHP93 et CHP113

respectivement) (P<0.05) (Tableau 4). De plus, le CHP semble avoir un impact positif, tendanciel dans cet essai, sur la rigidité osseuse, le taux de matière minérale et le taux de Ca %MM (0.1>p>0.05), des résultats à confirmer dans un nouvel essai dédié. Plusieurs études confirment un effet bénéfique des substances humiques sur la santé osseuse. Islam *et al.*, 2005, ont montré qu'elles peuvent agir comme dilateur et améliorer la perméabilité des cellules facilitant le transfert des minéraux du sang vers les os et cellules. Eren *et al.*, 2000 ont comparé l'impact des substances humiques en poulet de chair : sans différence sur les performances de croissance, le taux de cendres osseuses était significativement plus élevé grâce aux substances humiques. Il a également été démontré que les substances humiques ont la capacité de se lier avec les fibres collagènes afin d'aider à réparer le tendons et os endommagés. (Islam *et al.* 2005). Il sera intéressant de continuer l'analyse des avantages du CHP sous des angles complémentaires afin d'évaluer de possibles effets sur la santé digestive et la réponse immunitaire en volaille.

CONCLUSION

CHP est un phosphate organo-minéral permettant de conserver les performances de croissance des animaux (GMQ, IC, Poids) tout en diminuant l'incorporation globale de phosphate dans l'aliment, notamment grâce à un potentiel effet sur la recomplexation du Ca avec l'acide phytique, rendant le P végétal plus digestible. D'après cette étude, le CHP à 113% de coefficient de disponibilité en P permet d'obtenir les mêmes performances de croissance ainsi que de minéralisation et de résistance osseuse qu'avec l'utilisation de DCP. Son utilisation à faible incorporation permet de répondre à la demande du marché tendant vers une alimentation de précision plus durable en production animale. Le gain économique, dans cet essai, associé au remplacement du DCP par CHP s'estime à environ 0,3 €/T d'aliment.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- EMEA, 1999. Humic acids and their sodium salts, summary report. Committee for Veterinary Medicinal Products. Eur. Agency Eval. Med. Prod. <http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/mrls/055499en.pdf> Accessed June 10, 2005
- Eren, M., G. Deniz, S.S. Gezen and I.İ. Türkmen., 2000. Broyler yemlerine katılan humatların besi performansı, serum mineral konsantrasyonu ve kemik küllüzerine etkileri. Anka Üniv. Vet. Fak. Derg., 47: 255-263
- Islam, K. M. S., Schuhmacher, A. & Gropp, J. M., 2005. Humic Acid Substances in Animal Agriculture.
- Joone, G. K., J. Dekker, and C. E. van Rensburg., 2003. Investigation of the immunostimulatory properties of oxihumate. Z.Naturforsch. [C] 58:263–267
- Joone, G. K., and C. E. van Rensburg., 2004. An in vitro investigation of the anti-inflammatory properties of potassium humate. Inflammation 28:169–174
- Klocking, R. Humic substances as potential therapeutics, 1994. In Humic Substances in Global Environment: Implications for Human Health. T. Senesi and T. M. Miano, ed., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Klocking, R., B. Helbig, G. Schotz, M. Schacke, and P. Wutzler, 2002. Anti-HSV-1 activity of synthetic humic acid-like polymers derived from p-diphenolic starting compounds. Antiv. Chem. Chemother. 13:241–249

Ozturk, E., Coskun, I., Ocak, N., Erener, G., Dervisoglu, M. et Turhan, S., 2014. Performance, meat quality, meat mineral contents and caecal microbial population responses to humic substances administered in drinking water in broilers. *British Poultry Science*. Vol. 55, n° 5, pp. 668-674

Proszkowiec-weglarz M., et Angel R., 2013. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*. Vol. 22, n° 3, pp. 609-627

Rath, N. C., Huff, W. E. & Huff, G. R., 2009. Effects of humic acid on broiler chickens¹. *Poultry Science* 85, p410–414

Selle, P. H., A. J. Cowieson, and V. Ravindran, 2009. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livest. Sci.* 124:126–141

Schepetkin, I. A., A. I. Khlebnikov, S. Y. Ah, S. B. Woo, C. S. Jeong, O. N. Klubachuk, and B. S. Kwon., 2003. Characterization and biological activities of humic substances from mumie. *J. Agric. Food Chem.* 51:5245–5254

Szabó, J., Vucskits, A., Berta, E., Andrásófszky, E., Bersényi, A. et Hullár, I., 2017. Effect of fulvic and humic acids on iron and manganese homeostasis in rats. *Acta Veterinaria Hungarica*. Vol. 65, n° 1, pp. 66-80

Tamim, N. M., R. Angel, and M. Christman, 2004. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 83:1358–1367

Tableau 1. Composition de l'aliment démarrage (0-10j) et croissance (10-30j)

Démarrage (0-10j)		Croissance (10-30j)		
Matières premières (%)		DCP	CHP93	CHP113
Blé	28,0	31,9	31,4	31,0
Maïs	28,8	34,6	35,1	35,4
Tourteau de soja	29,6	26,6	26,6	26,7
Tourteau de tournesol	4,9	-	-	-
Son de blé	2,0	-	-	-
Huile de soja	0,5	1,5	1,5	1,5
Bicarbonate de sodium	0,10	0,12	0,11	0,11
DCP ¹	1,11	0,23	-	-
CHP ²	-	-	0,20	0,16
Carbonate de calcium	0,34	0,56	0,65	0,66
Sel	0,27	0,29	0,29	0,29
Méthionine 15%/Blé	1,75	1,58	1,58	1,58
Lysine 25%/Blé	1,07	1,06	1,06	1,06
Thréonine 10%/Blé	0,69	0,70	0,70	0,70
QSP ³	0,85	0,85	0,85	0,85

¹DCP : Phosphate bicalcique ; ²CHP : Humophosphate de calcium ; ³QSP : premix et prémélanges, enzymes (xylanase et 6-phytase=1000FYT/kg)

Tableau 2. Valeurs nutritionnelles théoriques de l'aliment

Démarrage (0-10j)		Croissance (10-30j)		
Nutriments		DCP	CHP93	CHP113
E.M. (kcal/kg)	2699	2911	2910	2911
Protéine brute (%) - théorique	21,2	19,1	19,1	19,1
Matière grasse (%)	2,5	4,2	4,2	4,2
P total (%)	0,63	0,41	0,41	0,40
P phytique (%)	0,29	0,25	0,25	0,25
P disponible (%)	0,45	0,30	0,30	0,30
Ca total (%)	0,79	0,60	0,60	0,60
Lysine digestible (%)	1,15	1,03	1,03	1,03
Méthionine + Cystine/Lysine digestible (%)	0,75	0,75	0,75	0,75
Thréonine/Lysine digestible (%)	0,65	0,65	0,65	0,65

Tableau 3. Performances de croissance sur les phases croissance (10-21j ; 21-30j ; 10-30j)

	DCP	CHP93	CHP113	<i>p-value</i>
Phase croissance 10-21j				
Poids 10j (g)	282 ± 17	281 ± 18	282 ± 12	0.840
GMQ (g/j)	70,5 ± 4,9	71,4 ± 5,2	69,9 ± 4,1	0.760
CMJ (g/j)	91,5 ± 4,1	93,2 ± 5,4	91,8 ± 3,4	0.670
IC	1,31 ± 0,03	1,31 ± 0,02	1,30 ± 0,02	0.679
Phase croissance 21-30j				
Poids 21j (g)	1058 ± 58	1066 ± 69	1052 ± 51	0.976
GMQ (g/j)	112,3 ± 7,1	112,5 ± 10,0	113,1 ± 6,8	0.964
CMJ (g/j)	165,0 ± 8,0	165,7 ± 12,2	164,9 ± 8,2	0.926
IC	1,47 ± 0,04	1,48 ± 0,04	1,46 ± 0,03	0.539
Phase globale 10-30j				
Poids 30j (g)	2068 ± 106	2078 ± 149	2070 ± 92	0.976
GMQ (g/j)	89,3 ± 5,2	89,9 ± 7,0	89,4 ± 4,5	0.967
CMJ (g/j)	125,1 ± 5,8	125,8 ± 8,2	124,7 ± 7,1	0.916
IC	1,40 ± 0,03	1,40 ± 0,03	1,40 ± 0,03	0.891

Tableau 4. Paramètres de minéralisation osseuse, collectés à 30j

Traitements	DCP	CHP93	CHP113	<i>p-value</i>
Poids tibia (g)	16,8 ± 1,7	16,6 ± 1,3	16,3 ± 1,0	0.597
Longueur tibia (mm)	102,6 ± 2,8	101,7 ± 3,4	101,3 ± 2,7	0.473
Diamètre tibia (mm)	8,5 ^y ± 0,7	8,9 ^x ± 0,6	8,4 ^y ± 0,5	0.052
Force de fracture (N)	277,1 ^b ± 78,3	388,8 ^a ± 76,7	330,2 ^{ab} ± 88,4	0.015
Force maximale (N)	323,3 ^b ± 68,6	397,0 ^a ± 72,8	337,6 ^b ± 81,9	0.023
Rigidité (N/mm)	200,9 ^{xy} ± 39,7	231,0 ^x ± 41,5	196,2 ^y ± 42,9	0.054
MS (% poids tibia)	42,5 ± 2,4	42,9 ± 2,1	42,3 ± 1,9	0.530
MS (g)	7,2 ± 0,9	7,2 ± 0,7	6,9 ± 0,5	0.474
MM (% poids tibia)	17,5 ± 1,9	18,6 ± 1,6	18,2 ± 2,0	0.268
MM (% MS)	41,0 ^y ± 3,0	43,2 ^{xy} ± 2,2	43,9 ^x ± 3,4	0.098
MM (g)	2,9 ± 0,4	3,1 ± 0,4	3,0 ± 0,4	0.341
Ca (% MM)	36,1 ^x ± 1,4	35,0 ^y ± 1,5	36,1 ^x ± 1,3	0.090
Ca (% poids tibia)	6,2 ± 0,8	6,5 ± 0,6	6,5 ± 0,7	0.478
Ca (g)	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0.652
P (% MM)	17,6 ^x ± 0,4	17,2 ^y ± 0,6	17,7 ^x ± 0,5	0.097
P (% poids tibia)	3,0 ± 0,4	3,2 ± 0,3	3,2 ± 0,3	0.382
P (g)	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0.575

(^{ab}P<0.05; ^{xy}P<0.10)