



Influence de la vitamine D₃ et de la vitamine C sur la minéralisation osseuse des poulets

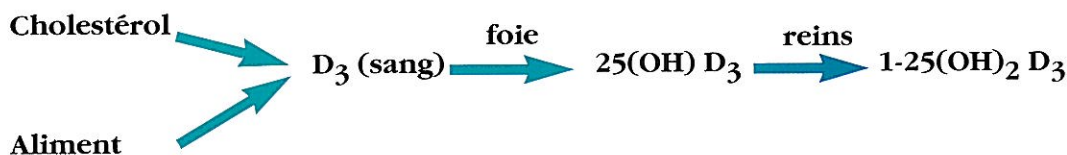
Michel Bougon - Isabelle Petetin

CNEVA Zoopôle Beaucemaine BP 53 22440 PLOUFRAGAN

La vitamine D₃ ou cholécalférol peut être synthétisée par l'organisme, à partir du cholestérol, sous l'action de la lumière (rayons ultraviolets). Elle subit

ensuite, ainsi que la vitamine D₃ d'origine alimentaire, diverses hydroxylations qui donnent différents composés ; parmi ceux-ci, la 25 (OH) D₃, synthétisée

par le foie, subit une deuxième hydroxylation dans les reins, pour former la 1-25(OH)₂ D₃, qui constitue le métabolite le plus actif :



La vitamine D₃ et surtout ses métabolites permettent d'accroître l'absorption intestinale du calcium, en jouant sur la perméabilité de la muqueuse d'une part, en stimulant la synthèse d'une protéine servant au transport du calcium (calcium - binding protein appelée encore CaBP ou Calbindin), d'autre part. Ils interviennent également favorablement sur la minéralisation osseuse, mais en cas d'excès, le résultat inverse s'observe (résorption osseuse) ; ainsi, Chineme (1978) en reprenant les résultats de différents auteurs, précise que l'hypervitaminose provoque une réduction de la minéralisation des os, que l'on constate, chez l'animal, par une diminution de leurs teneurs en cendres, et chez l'homme, par l'aspect des radiographies.

La vitamine C joue également un rôle dans l'ossification. Elle intervient, en effet, dans l'activité de

certaines hydroxylases, d'où sont intéressés dans la formation des métabolites de la vitamine D₃ et dans les transformations de la proline en hydroxyproline et de la lysine en hydroxylysine, indispensables pour la synthèse du collagène.

Couvrir les besoins des volailles en vitamine C ne devrait pas poser de problème puisqu'elles la synthétisent à partir du glucose mais cette formation serait insuffisante au cours des dix premiers jours (Hornig et Frigg, 1978) ; de plus, Weiser et al. (1990), reprenant les résultats de différents auteurs, précisent que lors de stress, (chaleur, infection ...), les besoins en vitamine C ne seraient pas totalement couverts.

Dans la présente étude, nous reprenons les résultats de deux essais, réalisés sur poulets de chair, en 1992 et 1996 ; les quantités de vitamine D₃ ajoutées à

l'aliment varient de 1000 (aliment A) à 2000 (aliment B) et 4000 UI/kg (aliment C), avec une teneur en vitamine C de 25 mg/kg ; un quatrième aliment, renfermant 2000 UI de vitamine D₃, permet d'étudier l'effet de la vitamine C (aliment D, 500 mg/kg comparé à l'aliment B, 25 mg).

I - Matériel et méthodes

1. Aliments - Animaux

La composition des aliments (tableau 1) varie d'un essai à l'autre. En revanche, les apports nutritionnels restent très proches (tableau 2), les additions de minéraux et de vitamines étant identiques (tableaux 3 et 4).

Tableau 1 - Composition des aliments (%)

Essai	Mais	Blé	Soja 48	Gluten 60	Pois	Viande 55 G	DL Méthionine	L Lysine	Phosphate bicalcique	Carbonate de calcium	Huile de soja	Composé minéral vitaminé
1	46,87	10	32,2	3	0	0	0,12	0,06	2,25	1,25	3,75	0,5
2	42,63	10	25,34	0	10,76	5,0	0,23	0	1,39	0,70	3,45	0,5

Tableau 2 - Teneurs théoriques*

Essai	Energie métabolisable Kcal/kg	Protéines %	Lysine %	Méthionine %	Méthionine + Cystine %	Calcium %	Phosphore** disponible
1	3110	22,05	1,16	0,48	0,88	1,15	0,45
2	3090	21,75	1,19	0,55	0,91	1,10	0,46

* d'après les tables de l'INRA (1989)

** pour le phosphate bicalcique ; P disponible = 0,9 P total

Tableau 3 - Matières minérales ajoutées (mg/kg)

Essai	Na	Cl	Mn	Zn	Fe	Cu	Co	I	Se
1 et 2	1100	1000	70	80	25	12	0,6	1,5	0,1

Tableau 4 - Vitamines ajoutées (UI ou mg/kg)

Essai	A*	E	K ₃	B ₁	B ₂	B ₆	Pantothénate de calcium	PP	Acide folique	B ₁₂	D ₃	C
1 et 2	10000	15	5	1	6	2	10	75	0,5	0,025	voir tableau 5	

* en UI

A chaque essai, quatre aliments, différant seulement par leurs teneurs en vitamine D₃ et en vitamine C, sont fabriqués.

Tableau 5 - Quantités de vitamines D₃ et C ajoutées (UI ou mg/kg)

Aliment	A	B	C	D
Vitamine				
D ₃ (UI)	1000	2000	4000	2000
C (mg)	25	25	25	500

Chaque aliment est distribué à 50 poussins Ross (essai 1) ou 200 (essai 2), logés dans un (essai 1) ou quatre parquets (essai 2), avec autant de mâles que de femelles.

2. Mesures

Les poulets sont pesés individuellement à 21 jours.

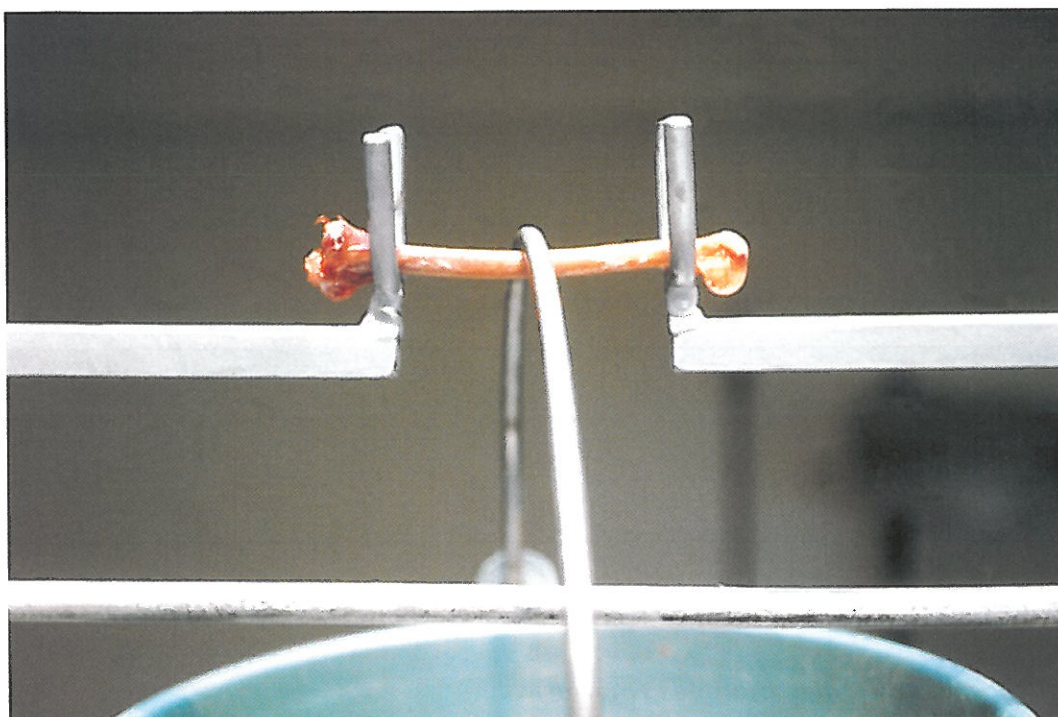
Dix (essai 1) et quinze mâles (essai 2) sont prélevés (et bagués) parmi les sujets présen-

tant des poids proches du poids moyen du lot. Les mesures suivantes sont effectuées sur les tibias :

- avec cartilages articulaires : longueur, largeur, résistance à la rupture, poids des tibias frais.
- sans cartilages articulaires : poids des tibias secs, taux de matière sèche, taux de matières minérales.

La résistance à la rupture est

déterminée en exerçant sur la partie médiane de l'os une force croissante par accroissement du poids du seau ; on pèse le seau à la rupture de l'os. Cette technique rudimentaire donne des résultats fiables (même valeur pour les deux tibias d'un poulet et une très bonne corrélation avec les valeurs INRA obtenues avec un appareil Instron N° 1102, servant aux tests de flexion).



II - Résultats

Tableau 6 - Poids et indices de consommation des poulets, à 21 jours.

Essai	Lot	Vitamines ajoutées		Poids des poulets (g)			Indice de consommation (M et F)
		Vit D ₃ (UI)	Vit C (mg)	Mâles (M)	Femelles (F)	M et F	
1	A	1000	25	777	690	733	1,30
	B	2000	25	756	689	722	1,32
	C	4000	25	775	676	725	1,32
	D	2000	500	765	682	723	1,31
2	A	1000	25	938	847	892	1,37
	B	2000	25	924	852	888	1,36
	C	4000	25	929	856	892	1,36
	D	2000	500	914	833	874	1,35

Les poulets présentent des poids supérieurs lors du deuxième essai ; diverses raisons peuvent expliquer cette différence, parmi celles-ci, l'alimentation (aliment plus riche en acides aminés), la génétique (essai réalisé 4 ans

plus tard) et la durée du jeûne (non à jeun pour le second essai, contrairement au premier).

L'effet éventuel des aliments sur les performances des poulets ne peut être analysé que sur les résultats obtenus au cours de la

seconde étude (seul essai réalisé avec 4 répétitions). Aucune différence significative n'est mise en évidence en ce qui concerne le poids des poulets à 21 jours et leurs indices de consommation.

Tableau 7 - Paramètres concernant l'ossification

Essai	Lot	Vitamines ajoutées		Poids des poulets (1) (g)	Longueur des tibias (cm)	Largeur des tibias (cm)	Résistance à la rupture (2) (kg)	Poids tibias frais (3) (g)	Poids des tibias secs (4) (g)	Matières minérales (5) (%)
		Vit. D ₃ (UI)-	Vit C (mg)							
1	A	1000	25	810	7,62	0,61 ^{a**}	14,5 ^{a**}	6,76	2,12	49,82
	B	2000	25	799	7,65	0,63 ^a	15,1 ^a	6,66	2,15	48,95
	C	4000	25	803	7,68	0,58 ^a	13,5 ^a	6,78	2,11	48,56
	D	2000	500	809	7,56	0,60 ^{ab}	14,3 ^{ab}	6,62	2,13	48,32
2	A	1000	25	973(26) ⁽⁶⁾	8,10(0,13)	0,67(0,03)	19,0(2,7)	9,16(0,54)	2,45(0,17)	47,58
	B	2000	25	967(33)	8,07(0,22)	0,65(0,05)	18,4(3,1)	8,85(0,85)	2,41(0,22)	48,30
	C	4000	25	972(27)	8,19(0,22)	0,64(0,04)	17,9(3,6)	9,37(0,99)	2,44(0,18)	47,45
	D	2000	500	970(24)	8,18(0,23)	0,64(0,04)	18,0(3,7)	9,16(0,90)	2,42(0,24)	48,23

(1) utilisés pour les mesures

(2) pour obtenir les valeurs en newtons, il faut multiplier par 9,81

(3) avec cartilage

(4) sans cartilage

(5) par rapport à la matière sèche

(6) écart - types

* significatif au seuil de 5%

** significatif au seuil de 1%

Vitamine D (lots A, B et C)

La longueur, la largeur des tibias et leur résistance à la rupture restent identiques lorsque la quantité de vitamine D, dans l'aliment, croît de 1000 à 2000 UI/kg ; en revanche, des variations sont observées en passant à 4 000 UI : la longueur tend à augmenter (non significativement) alors que la largeur et la résistance à la rupture diminuent (significativement au cours du premier essai).

Le poids des tibias secs, le poids des cendres et le taux des matières minérales varient peu entre les lots ; ils sont, toutefois, légèrement plus faibles avec l'aliment renfermant 4 000 UI/kg.

Vitamine C (lot D comparé au lot B)

Aucun des paramètres concernant l'ossification (longueur, largeur, poids des tibias secs, poids des cendres, taux des matières minérales) n'est amélioré, en augmentant la quantité de vitamine C, dans l'aliment, de 25 à 500 mg/kg ; la résistance des tibias à la rupture est même réduite, non significativement, de 5,3% (essai 1) et de 2,2% (essai 2).

III - Discussion

La plupart des essais réalisés en augmentant les doses de vitamine D₃ dans l'aliment montrent, en effet, qu'au delà d'une valeur

minimale, fixée à 400 UI/kg pour certains (Lofton et Soares, 1996 ; Edwards et al., 1994) ou 800 pour d'autres (Meixner et al., 1979 ; Whitehead, 1995), les performances des poulets de chair, ainsi que les teneurs de leurs os en matières minérales ne varient pas : Meixner et al., 1979 (0 à 2100) ; Atteh et al., 1983 (1600-3200) ; Lofton et Soares, 1986 (400 à 8000 et 2000 à 20000) ; Bougon, 1988 (500-2000 - 4000) ; Weiser et al., 1990 (640-1280), Edwards et al., 1994 (400-800 - 1600) ; Elliot et Edwards, 1997 (1100 - 2000). Cruickshank et Sim (1987) observent une réduction du poids des poulets et un accroissement des troubles locomoteurs en augmentant la quantité de vitamine D₃ de 400 à 4000.

L'influence de la vitamine C sur la croissance des volailles semble variable, peut être en raison des conditions d'élevage différentes appliquées à chaque étude (température, stress...). Edwards (1989) n'observe pas d'augmentation de poids dans cinq essais sur six, obtenant une amélioration dans l'un des essais. Weiser et al., 1992 (0-100 ; D₃ 640-1280) constatent une légère augmentation de poids, qui est observée également par Roberson et Edwards (1994), avec 500 et 1000 mg, mais pas avec 250. Leach et Burdette (1985), avec deux aliments renfermant des taux variables de potassium et de

chlore, obtiennent une augmentation de poids avec 1000 mg et 2500 mg, au cours d'un essai, mais pas lors du second, la croissance étant même retardée, dans ce cas, avec l'aliment riche en vitamine C et en potassium et pauvre en chlore.

La teneur des os en matières minérales n'augmentent pas, généralement, lorsqu'on ajoute de la vitamine C aux aliments : Sifri et al., 1977 (0-10000) ; Ekermans et al., 1981 (0 à 750) ; Edwards, 1989 (0-500 ; 2 essais sur 6) ; Weiser et al., 1990 (0-100 ; D₃ 640-1280) ; Roberson et Edwards, 1994 (0 à 1000 ; D₃ 1100). Il est même observé, parfois, une réduction de la qualité des os : Edwards (1989) obtient une réduction de la teneur des os en matières minérales en ajoutant 500 mg de vitamine C (4 essais sur 6) ; nous-mêmes (Bougon, 1988) avons également constaté une légère diminution du poids des cendres des tibias, avec des poulets âgés de 21 jours, en ajoutant 100 et 200 mg de vitamine C. Au contraire, d'autres études mettent en évidence une action positive : Weiser et al. (1992) signalent que la vitamine C permet d'accroître la teneur des tibias en matières minérales ainsi que la charge provoquant leur rupture ; Franchini et al. (1994) obtiennent également une amélioration du second paramètre, avec 500 mg, mais pas avec 250 et 1000 mg.

Conclusion

Les performances des poulets, à 21 jours, ne sont pas modifiées, en augmentant la quantité de vitamine D₃, dans l'aliment, de 1 000 à 2 000 et 4 000 UI/kg. Les

paramètres concernant l'ossification ne varient pas entre 1000 et 2 000 UI ; en revanche, la largeur des tibias et leur résistance à la rupture tendent à diminuer avec 4 000 UI (différences significatives dans un essai).

Le fait d'accroître la teneur de l'aliment, en vitamine C, de 25 à 500 mg/kg, ne modifie ni les performances des poulets, à 21 jours, ni les paramètres osseux mesurés ; la résistance des tibias à la rupture est même légèrement diminuée.

Références bibliographiques

- ATI K.A., BLAIR R., CLASSEN H.L., 1984. Response of starting turkeys to dietary fat, vitamin A and D₃. *Poultry Science*, 63, 55-56.
- ATTEH J.O., LEESON S., JULIAN R., 1983. Effects of dietary levels and types of fat on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poultry Science*, 62, 2403-2411.
- BOUGON M. 1988. Influence de la vitamine D₃ et de la vitamine C, sur la minéralisation osseuse (non publié).
- CHINEME C.N., KROOK L., POND W.G., 1976. Bone pathology in hypervitaminosis D : an experimental study in young pigs. *Cornell Vet*, 66, 387-412.
- CHINEME C.N., 1978. Vitamine D with special reference to its toxicity in animals : a general review. *Nutrition abstracts and review - series B*, 48, 501-508.
- CLARK I., SMITH M.R., 1964. Effects of hypervitaminosis A and D on skeletal metabolism. *Journal of Biological Chemistry*, 239, 1266-1271.
- CHRISTENSEN W.R., LIEBMANN C., SOSMAN M.C., 1951. Skeletal and periarticular manifestations of hypervitaminosis D. *American Journal of Roentgenology*, 65, 27-39.
- CRUICKSHANK J.J., SIM J.S., 1987. Effects of excess vitamin D₃ and cage density on the incidence of leg abnormalities in broiler chickens. *Avian Diseases*, 31, 332-338.
- DORR P., BALLOUN S.L., 1976. Effect of dietary vitamin A, ascorbic acid and their interaction on turkey bone mineralisation. *British Poultry Science*, 17, 581-593.
- EDWARDS H.M., Jr., 1989. Effect of vitamin C, environmental temperature, chlortetracycline, and vitamin D₃ on the development of tibial dyschondroplasia in chickens. *Poultry Science*, 68, 1527-1534.
- EDWARDS H.M., Jr., ELLIOT M.A., SOONCHARNYING S., BRITTON W.M., 1994. Quantitative requirement for cholecalciferol in the absence of ultraviolet light. *Poultry Science*, 73, 288-294.
- EKERMANS L.G., NEL J.W., NEITZ A.W.H., 1981. Effect of dietary energy level and ascorbic acid on production and bone development in broilers. *South African Journal of Animal Science*, 11, 85-91.
- ELLIOT M.A., EDWARDS H.M., Jr., 1997. Effect of 1-25 dihydroxycholecalciferol, cholecalciferol and fluorescent lights on the development of tibial dyschondroplasia and rickets in broiler chickens. *Poultry Science*, 76, 570-580.
- FRANCHINI A., MELUZZI A., MANFREDI G., TOSARELLI C., 1994. Vitamin C and bone tissue in broiler. *Archiv für Geflügelkunde*, 58, 161-165.
- HESS A.F., WEINSTOCK M., RIVKEN H., 1929. A further report on the effect of thyroparathyroidectomy on the action of irradiated ergosterol. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 27, 298-299.
- HESS A.F., BENJAMIN H.R., GROSS J., 1931. The source of excess calcium in hypercalcaemia induced by irradiated ergosterol. *Journal of Biological Chemistry*, 94, 1-8.
- HOLMAN C.B., 1952. Roentgenologic manifestations of vitamin D intoxication. *Radiology*, 59, 805-816.
- HORNIG D., FRIGG M., 1978. Effect of age on the biosynthesis of ascorbate in chicks. *Archiv für Geflügelkunde*, 43, 108-112.
- LEACH R.M., Jr, BURDETTE J.H., 1985. The influence of ascorbic acid on the occurrence of tibia dyschondroplasia in young broiler chickens. *Poultry Science*, 64, 1188-1191.
- LOFTON J.T., SOARES J.H., Jr, 1986. The effects of vitamin D₃ on leg abnormalities in broilers. *Poultry Science*, 65, 749-756.
- MEIXNER B., JEROCH H., EISENGARTEN H.J., 1979. Supplies of cholecalciferol for broilers. *Monatshefte für veterinärmedizin*, 34, 655-657.
- ROBERSON K.D., EDWARDS H.M., 1994. Effects of ascorbic and 1-25 dihydroxycholecalciferol on alkaline phosphatase and tibial dyschondroplasia in broiler chickens. *British Poultry Science*, 35, 763-773.
- SANDERS A.M., EDWARDS H.M., Jr, 1991. The effects of 1-25 dihydroxycholecalciferol on performance and bone development in the turkey poult. *Poultry Science*, 70, 853-866.
- SCHARFMAN W.B., PROPP S., 1956. Anemia associated with D intoxication. *New England Journal of Medicine*, 255, 1207-1212.
- SIFRI M., KRATZER F., NORRIS L.C., 1977. Lack of effects of ascorbic and citric acids on calcium metabolism of chickens. *Journal of Nutrition*, 107, 1484-1492.
- WEISER H., SCHLACHTER M., PROBST H.P., KORMANN A.W., 1990. The relevance of ascorbic acid for bone metabolism. Ascorbic acid in domestic animals. *Proceedings of the second Symposium. Kartause Ittingen, Switzerland*. 73-95.
- WEISER H., SCHLACHTER M., PROBST H.P., VÖLKER L., 1992. The importance of vitamin interactions in bone metabolism of poultry. *23^e Poultry Science Symposium*, 357-358.
- WHITEHEAD C.C., 1995. Current knowledge on vitamin requirements of poultry. *10th European Symposium on Poultry Nutrition. Antalya - Turkey*. 64-73.