

EFFET DU POUVOIR TAMPON DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES

ZOOTECNIQUES DU POULET ET DU DINDON

Gomez Jean-Marc, Corniaux Alain

Primex, La Gare de Baud, BP 21, 56440 Languidic

RESUME

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact d'une modification du pouvoir tampon (PT) de l'aliment sur les performances zootechniques de deux espèces de volailles. Le pouvoir tampon d'un aliment est l'aptitude d'une solution contenant une quantité donnée de cet aliment à résister à une variation de pH lors de l'addition d'un acide ou d'une base. Dans un premier temps, le pouvoir tampon des principales matières premières destinées aux volailles a été mesuré. Notre étude montre que le pouvoir tampon des céréales, sous produits de céréales, matières premières protéiques et minéraux est respectivement compris entre 40 à 60 - 100 à 130 - 120 à 300 et 1100 à 3000 meq/kg. Le PT des matières premières organiques est positivement corrélé à la teneur en protéines et celui des minéraux à celle en calcium. Aucune autre relation n'a été observée entre le pouvoir tampon et d'autres critères de composition des matières premières. Le pouvoir tampon des aliments poulets et dindes est compris entre 170 et 250 meq/kg et celui des aliments poudeuses entre 500 et 600 meq/kg. Dans nos conditions expérimentales, le PT des aliments peut être prédit à partir du pouvoir tampon de chacune des matières premières constitutives des aliments.

Dans un second temps, l'impact du pouvoir tampon de l'aliment sur les performances de poulets Ross et de dindons BUT T9 a été évalué. Nos résultats montrent que les poulets nourris avec des aliments à fort PT ont à l'abattage un indice de consommation dégradé (1,80 vs 1,76 ; $P < 0,01$) comparativement aux animaux témoins (bas pouvoir tampon). Dans le second essai, les dindons nourris avec les aliments à fort PT ont un poids corporel et une consommation inférieurs de 340 et 950 grammes à ceux des animaux ayant reçu les aliments à bas PT. Ces résultats révèlent que l'augmentation du pouvoir tampon de l'aliment est susceptible de dégrader les performances zootechniques des volailles.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the effect of buffering capacity modification on performances of two species of poultry. The buffering capacity of feed is the capacity of a solution containing a given quantity by this feed to resist to a pH variation during addition of acid or base. At first, the buffering capacity of main raw materials intended for the poultry was measured. Our study shows that the buffering capacity of cereals, cereals by-products, proteinic raw materials and minerals is respectively included between 40 to 60, 100 to 130, 120 to 300 and 1100 to 3000 meq/kg. The buffering capacity of organic raw materials is positively correlated with the content in proteins and that of minerals with calcium. No relationship between buffering capacity and content of raw materials have been found. The buffering capacity of broiler and turkey feeds is included between 170 and 250 meq/kg and that of laying hens feeds between 500 and 600 meq/kg. In our experimental conditions, the buffering capacity of feed is predicted from the buffering capacity of each essential raw materials of feed.

Secondly, the impact of feed buffering capacity on performances of broiler (Ross) and turkeys (BUT T9) was estimated. Our results show that broiler fed with feeds with strong buffering capacity have a degraded feed conversion (1.80 vs 1.76 ; $P < 0.01$) compared with control animals (low buffering capacity). In the second trial, turkeys fed with feeds with strong buffering capacity have a lower weight and consumption (340 and 950 grams) compared to those of control animals (with low buffering capacity). These results show that increase of buffering capacity of feeds may degrade performances of poultry.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, une partie importante du travail réalisé par les fabricants d'aliments et firmes services a pour objectif d'évaluer les effets sur les performances des animaux, d'aliments ayant des caractéristiques nutritives différentes (énergétique, azotée, minérale et vitaminique). Au-delà de ces critères nutritifs et de leurs impacts « facilement mesurables », les nutritionnistes sont en revanche plus démunis pour estimer les effets d'aliments présentant des caractéristiques physico-chimiques différentes (forme, dureté, durabilité, rugosité, couleur,...). La définition et la mise au point d'un nouveau descripteur de l'aliment, ainsi que la validation de son intérêt d'un point de vue zootechnique ou comportemental, nécessitent en effet des moyens de recherche importants.

Le pouvoir tampon (PT) de l'aliment, reflétant l'aptitude d'une solution contenant une quantité donnée de cet aliment à résister à une variation de pH lors de l'addition d'un acide ou d'une base, pourrait faire partie de ces « nouveaux » indicateurs. En effet, chez le porc l'augmentation du PT de l'aliment a pour conséquence de dégrader les performances des animaux (Lawlor *et al.*, 2006). Chez les volailles, il n'existe pas à notre connaissance de données relatives à l'impact d'une modification du PT sur les performances.

Cette étude a pour premier objectif de mesurer le PT des principales matières premières rentrant dans la composition des aliments volailles. Dans un second temps, la possibilité de prédire le PT des aliments à partir du PT de chacune des matières premières constitutives de ces aliments a été évaluée. En troisième lieu, l'impact d'une modification du PT sur les performances de poulets Ross et de dindons BUT T9 a été déterminé.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Mesure du pouvoir tampon des matières premières et aliments

La détermination du PT des matières premières, premix et aliments volailles a été réalisée à partir d'une adaptation de la méthode décrite par Brault (1991). Un échantillon de 20 grammes de chaque matière première est additionné à 150 ml d'eau et mis à incuber 45 minutes à 37°C. Après mesure du pH initial, le PT est calculé à partir de la quantité d'HCl nécessaire pour abaisser le pH de 1 kg de matière première à une valeur finale égale à 3, et rapporté à un changement d'une unité pH. Pour

toutes les matières premières, les mesures ont été réalisées à partir de 2 échantillons différents.

1.2 Animaux

Afin d'évaluer l'effet sur les performances des animaux du PT de l'aliment, 2 essais zootechniques ont été mis en place au Centre d'Innovation et de Recherche (CIR) de PRIMEX (Languidic, 56). Le premier essai a été réalisé à l'aide de poulets Ross jaunes mâles et femelles provenant du couvoir GRELIER (Saint Laurent de la plaine, 49). Les animaux ont été élevés au sol (litière copeaux, 2 kg/m²) en conditions contrôlées de température (32°C à J0, 27°C à J15, 18°C à J40) et de photopériode (24L:0D pour 24 heures de lumière et 0 heure d'obscurité entre J0-J14, 21L:3D après J14). Le second essai a été réalisé avec des dindons BUT T9 issus du couvoir GRELIER et élevés au sol (copeaux, 7 kg/m²) en conditions contrôlées de température (31°C à J0, 25°C à J28, 21°C à J40, 19°C au delà de J70) et de photopériode (12L:12D entre J0-J30 ; 18L:6D entre J30-J70 ; 24L:0D après J70). Au cours des deux essais, les animaux ont été nourris *ad libitum* en eau et en aliment.

1.3 Protocoles expérimentaux

Essai zootechnique 1 : A leur arrivée dans le bâtiment Biométrique du CIR, les 1600 poulets âgés de quelques heures ont été pesés ($42,0 \pm 2,0$ g) et répartis à raison de 100 animaux par case (18 animaux/m²). Deux traitements alimentaires différents ont été distribués aux animaux. Chaque traitement est constitué de 8 répétitions (8 cases x 100 poulets x 2 traitements). A 14, 21, 27, 33 jours et à l'abattage, le poids collectif des poulets, le poids des aliments consommés dans chaque case et le nombre d'animaux morts sont déterminés. A l'aide de ces paramètres, le gain moyen quotidien (GMQ), l'indice de consommation (IC) et le taux de mortalité sont calculés. A 21 et 39 jours d'élevage, une notation des litières (échelle de 1 à 5) est réalisée. L'aliment démarrage T1 (bas pouvoir tampon) distribué durant les 21 premiers jours d'élevage est composé de 40 % de maïs, 32 % de tourteau de soja, 20 % de blé et contient 21 % de protéines totales, 3000 kcal/kg et a une valeur de pouvoir tampon de 170 meq/kg. L'aliment finition T1 distribué entre 21-39 jours est composé de 45 % de maïs, 26 % tourteau de soja et 15 % de blé. Il contient 18 % de protéines totales, 3100 kcal/kg et a un pouvoir tampon de 135 meq/kg. Les aliments démarrage et finition T2 (fort pouvoir tampon) ont été formulés sur la base des aliments précédents (iso protéique et iso énergétique) avec des valeurs

de pouvoir tampon augmentées de 20 meq/kg (*via* une augmentation en calcium de 1 g/kg).

Essai zootechnique 2 : A leur arrivée au CIR, les 400 dindons ont été pesés ($58 \pm 2,2$ g) et repartis à raison de 25 animaux par case ($3,9$ animaux/m²). Deux traitements alimentaires différents ont été distribués. Chaque traitement est constitué de 8 répétitions (8 cages x 25 dindons x 2 traitements). A 21, 35, 56, 77, 95 jours et à l'abattage, le poids collectif des dindons, le poids des aliments consommés dans chaque cage et le nombre de morts sont déterminés. A 56 et 77 jours d'élevage, une notation des litières (échelle de 1 à 5) est effectuée. L'aliment pré démarrage T1 (bas pouvoir tampon) distribué durant les 21 premiers jours est composé de 30 % de blé, 8 % de maïs, 45 % de tourteau de soja (composition : protéines totales : 28 %, 2750 kcal/kg, PT : 250 meq/kg). L'aliment démarrage T1 (21-35 jours) contient 40 % de blé, 8 % de maïs, 38 % de tourteau de soja (protéines : 26 %, 2850 kcal/kg, PT : 230 meq/kg). L'aliment croissance T1 (35-56 jours) est composé de 45 % de blé, 5 % de maïs, 35 % de tourteau de soja (protéines : 24 %, 2900 kcal/kg, PT : 220 meq/kg). L'aliment engraissement T1 (56-77 jours) contient 45 % de blé, 5 % de maïs, 30 % de tourteau de soja (protéines : 23 %, 3000 kcal/kg, PT : 200 meq/kg). L'aliment finition T1 distribué après 77 jours contient 50 % de blé, 5 % de maïs, 25 % de tourteau de soja (protéines : 20 %, 3100 kcal/kg, PT : 180 meq/kg). Les 5 aliments T2 (fort pouvoir tampon) ont été formulés sur la base des aliments précédents (iso protéique et iso énergétique) avec des valeurs de PT augmentées de 20 meq/kg (*via* une augmentation en calcium de 1 g/kg).

1.4 Analyses statistiques

Les relations entre le PT et la composition des matières premières ont été déterminées à l'aide de régressions linéaires simples. Les valeurs calculées de PT des aliments ont été obtenues en multipliant le taux d'incorporation de chaque matière première dans l'aliment par leur valeur individuelle de PT. La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide d'analyses de variance à un facteur.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les valeurs de PT des principales matières premières rentrant dans la composition des aliments volailles sont présentées dans le tableau 1. Dans notre étude, les céréales ont des PT compris entre 40 et 60 meq/kg alors que leurs sous produits ont en moyenne des valeurs 2 fois supérieures. Le PT des matières premières protéiques (graines et tourteaux)

est en moyenne supérieur à celui des 2 catégories précédentes, avec des valeurs comprises entre 120 et 300 meq/kg. La teneur en protéines des matières premières organiques est positivement corrélée avec le PT [PT (meq/kg) = $4,8 \times$ protéines totales + 11,3 ; $r = 0,94$]. Aucune autre relation avec d'autres critères de composition des matières premières n'a été observée. Les minéraux constituent la catégorie présentant les valeurs de PT les plus fortes et les plus variables (entre 1100 et 3000 meq/kg). A titre d'illustration, le PT des phosphates diffère en fonction du type, mais aussi de leur origine. Il existe une forte corrélation positive entre la teneur en calcium des matières premières minérales et le PT [PT (meq/kg) = $0,09 \times$ calcium + 127 ; $r = 0,96$]. Concernant les ingrédients rentrant dans les prémix, les valeurs mesurées sont spécifiques à chacun d'entre eux (données non montrées).

Dans cette étude, par ordre croissant de valeurs, on observe la hiérarchie suivante de PT : céréales, sous produits des céréales, matières premières protéiques et minéraux. Les valeurs mesurées sont en accord avec celles rapportées précédemment par Lawlor *et al.* (2005). Par ailleurs, la hiérarchie entre les différentes catégories de matières premières que nous observons est aussi similaire à celle décrite précédemment pour les matières premières destinées aux porcs (Jasaitis *et al.*, 1987 ; Lawlor *et al.*, 2005). Ces auteurs observent les plus faibles valeurs de pouvoir tampon pour les céréales, des valeurs intermédiaires pour les matières premières protéiques et des fortes valeurs pour les minéraux. Les relations entre le PT et le taux protéique des matières premières organiques et entre le PT et la teneur en calcium des matières premières minérales décrites dans notre étude sont en accord avec les résultats acquis par différents auteurs (Jasaitis *et al.*, 1987 ; Bolduan *et al.*, 1988 ; Lawlor *et al.*, 2005).

Le pouvoir tampon des différents prémix et aliments volailles est présenté dans le tableau 2. Notre étude montre que les aliments poulets et dindes analysés ont des PT compris entre 170 et 250 meq/kg. Au sein de la gamme poulet, l'aliment démarrage a la valeur la plus forte et l'aliment finition la plus faible. Une diminution du PT avec l'avancement en âge dans la gamme dindon est aussi observée. En accord avec les résultats acquis sur les matières premières organiques, la teneur en protéines des aliments est positivement corrélée avec le PT (données non montrées). Les aliments pondueuses ont des valeurs de pouvoir tampon supérieures (entre 500 et 600 meq/kg) à celles mesurées pour les aliments volailles de chair. Concernant les prémix et prémélanges rentrant dans la composition des aliments, les valeurs de PT sont

supérieures à celles mesurées dans les aliments et spécifiques à chacun d'entre eux.

Dans cette étude, les aliments destinés aux poulets et dindons ont un PT inférieur, de l'ordre de 2 fois, à celui des aliments pondeuses. Les premix et prémélanges ont quant à eux des valeurs supérieures à celles des aliments. A notre connaissance, aucune valeur de PT des aliments volailles n'est disponible dans la littérature. En revanche, les PT sont en accord avec ceux mesurés dans les aliments porc (Lawlor *et al.*, 2006).

Le tableau 3 décrit les écarts entre les PT mesurés dans les aliments, premix et ceux calculés à partir des données de composition et du PT des matières premières. Notre étude révèle que les valeurs calculées sont comparables à celles mesurées ($PT_{\text{mesuré}} = 0,97 \times PT_{\text{calculé}} - 7,9$; $r = 0,99$). A titre d'exemple, le PT de l'aliment poulet démarrage est de 195 meq/kg alors que la valeur calculée est à 209 meq/kg. Les valeurs calculées du PT des premix volailles sont aussi comparables à celles mesurées (même observation dans les aliments et premix porc ; PRIMEX, données non publiées).

Les résultats de notre étude révèlent que le pouvoir tampon des aliments et premix volailles peut être prédit à partir des valeurs de PT de chacune des matières premières et ingrédients constitutifs de ces aliments et premix. Nos données confirment celles obtenues par d'autres auteurs rapportant la possibilité de prédire le PT des aliments destinés aux porcs à partir du PT des matières premières (Jasaitis *et al.*, 1987, Lawlor *et al.*, 2005). Par ailleurs, notre travail montre la possibilité d'utiliser en formulation le critère pouvoir tampon. En effet, à partir des PT des matières premières et de composition des formules, il est possible de calculer à chaque nouvelle optimisation le PT de l'aliment. La pertinence de ce « nouveau critère » est d'autant plus grande que le nombre de matières premières est important (n = 70 dans notre étude).

Le tableau 4 décrit les performances de poulets Ross nourris avec des aliments ayant des valeurs différentes de pouvoir tampon. A 21 jours, les poulets T1 (PT bas) ont un poids, une consommation d'aliment comparables à ceux des animaux T2 (PT fort) et un indice de consommation significativement amélioré (1,44 vs 1,48). Au cours de la période finition, des résultats comparables sont observés. Les poulets T1 ont un indice amélioré (1,95 vs 1,98 ; $P < 0,05$) comparativement aux animaux T2. A l'abattage, les 2 groupes de poulets ont un poids et une consommation similaires (respectivement 2282 vs 2264 grammes ;

3945 vs 3999 grammes) mais les animaux T1 ont un indice de consommation amélioré (1,76 vs 1,80 ; $P < 0,01$). La qualité des litières à 21 et 39 jours est comparable entre les deux lots.

Les performances zootechniques de dindons BUT T9 nourris avec des aliments ayant des PT différents sont présentées dans le tableau 5. A 35 jours d'élevage, ainsi que durant la période 35-77 jours, les dindons T1 (PT bas) ont un gain de poids et une consommation significativement améliorés par rapport aux animaux T2 (PT fort). Aucune différence d'indice de consommation n'est en revanche présente. Au cours de la période finition, aucune différence significative de gain de poids, de consommation et d'indice de consommation n'est observée entre les dindons T1-T2. A l'abattage, les dindons nourris avec les aliments à faible PT ont un gain de poids et une consommation supérieurs (respectivement 340 grammes, $P = 0,08$; 950 grammes, $P < 0,01$) à ceux des animaux ayant reçu les aliments à fort PT. Le taux de mortalité et la qualité des litières à 56 et 77 jours sont comparables entre les deux lots d'animaux.

Dans les conditions de notre étude, l'augmentation du pouvoir tampon (20 meq/kg) des aliments poulet et dindon dégrade les performances zootechniques des animaux. A poids standardisé, on observe chez ces 2 espèces une dégradation de l'indice de consommation (le mécanisme pourrait cependant être différent). A notre connaissance, il n'existe pas de donnée bibliographique relative à l'effet du PT sur les performances des volailles. Nos résultats confirment en revanche ceux observés chez le porc montrant qu'une augmentation du PT dégrade les performances des animaux (Lawlor *et al.*, 2006 ; PRIMEX, données non publiées). La réduction des performances que nous observons est aussi en accord avec des données préliminaires acquises chez le poulet (PRIMEX, données non publiées) montrant que la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique est significativement réduite chez des animaux ayant reçu un aliment à fort PT. Chez le porcelet, une diminution de la digestibilité des acides aminés a aussi été rapportée suite à l'augmentation du PT (Blank *et al.*, 1999).

En conclusion, notre travail révèle que le pouvoir tampon des aliments destinés aux volailles peut être prédit à partir des valeurs de chacune des matières premières, rendant ainsi possible l'utilisation de ce « nouveau critère » pour la formulation des aliments volailles. En second lieu, l'augmentation du PT des aliments dégrade les performances des poulets Ross et dindons BUT T9. Notre étude montre, qu'au-delà des critères nutritifs couramment utilisés pour décrire les aliments,

d'autres descripteurs existent. Ces résultats suggèrent par ailleurs que la mise en place de stratégies réduisant le PT des aliments pourrait

permettre d'améliorer encore les performances des animaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blank R., Mosenthin R., Sauer W.C., Huang S., 1999. J. Anim. Sci., 77: 2974 -2984.
 Bolduan G., Jung H., Schnabel E., Schneider R., 1988. Pig News Info., 9: 381-385.
 Brault M., 1991. Porc Mag., 234: 37-38.
 Jasaitis D.K., Wohlt J.E., Evans J.L., 1987. J. Dairy Sci., 70: 1391-1403.
 Lawlor P.G., Lynch P.B., Caffrey P.J., O'Reilly J.J., O'Connell M.K., 2005. Irish Vet. J., 58: 447-452.
 Lawlor P.G., Lynch P.B., Caffrey P.J., 2006. Irish J. Agric. Food Res., 45: 61-71.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Patricia Gantier pour le travail de détermination du pouvoir tampon, ainsi que le personnel du CIR pour le suivi des essais zootechniques. Les auteurs remercient aussi Edith Crenn, Laurence Mevel et Brigitte Tanter pour la relecture de l'article.

Tableau 1. PT des matières premières (meq/kg) **Tableau 2.** PT des aliments et prémix (meq/kg) **Tableau 3.** Ecart entre PT mesuré et PT calculé (meq/kg)

Matières premières	PT	Aliments - Prémix	PT	Aliments - Prémix	PT mesuré	PT calculé	Ecart (%)
Maïs	38	Poulet démarrage	203	Poulet intensif (meq/kg)	195	209	7.6
Blé	47	Poulet intensif	190	Dinde prédémarrage	240	257	7.0
Triticale	51	Poulet croissance	181	Dinde finition 3	158	159	0.9
Orge	58	Poulet finition	172	Pondeuse début de ponte	500	559	11.8
Remoulage	105	Dinde prédémarrage	245	Prémix Poussin	2092	2196	4.9
Son fin	129	Dinde démarrage	237	Prémix Poulet démarrage	1295	1341	3.6
Pois protéagineux	121	Dinde croissance	229	Prémix Poulet finition	1563	1513	-3.2
Graine de colza	122	Dinde engraissement	212	Prémix Poulet finition	1550	1674	8.0
Graine de soja	198	Dinde finition 2	180	Prémix Dinde démarrage	1486	1523	2.5
Tourteau de colza	276	Pondeuse début de ponte	508	Prémix Dinde engraissement	1744	1762	1.0
Tourteau de soja	282	Pondeuse fin de ponte	554	Prémix Dinde finition	1395	1515	8.6
Tourteau de tournesol	303	Prémix Poussin	2114	Prémélange 1	625	516	-17.5
Phosphate bicalcique - origine 1	1134	Prémix Poulet démarrage	1292	Prémélange 2	1559	1487	-4.6
Phosphate bicalcique - origine 2	2052	Prémix Poulet finition	1555	Prémélange 3	3571	3502	-2.0
Carbonate de calcium	3022	Prémix Dinde démarrage	1482	Prémélange 4	1630	1331	-18.3
		Prémix Dinde engraissement	1730				
		Prémix Dinde finition	1391				
		Prémélange Acides aminés	614				
		Prémélange Pigments	1616				
		Prémélange Thréonine	2420				
		Prémélange Ponte	3390				
		Prémélange Enzymes	3529				

Tableau 4. Performances zootechniques des poulets

Traitement	T1 PT Bas	T2 PT Fort	C.V.(%)	Prob.
0-21 jours				
poids (g)	867	847	2.8	0.11
GMQ (g/j)	39.3	38.3	2.9	0.11
consommation (g)	1189	1194	2.3	0.67
IC	1.44 (a)	1.48 (b)	1.2	0.01
21-39 jours				
gain de poids (g)	1415	1420	3.1	0.83
GMQ (g/j)	78.6	78.9	3.1	0.83
consommation (g)	2756	2807	2.1	0.12
IC	1.95 (a)	1.98 (b)	1.8	0.05
0-39 jours				
mortalité (%)	1.1	1.0		
poids final (g)	2282	2264	1.9	0.29
GMQ (g/j)	57.4	57.0	2.0	0.29
consommation (g)	3945	3999	1.7	0.10
IC	1.76 (a)	1.80 (b)	1.3	0.01

Tableau 5. Performances zootechniques des dindons

Traitement	T1 PT Bas	T2 PT Fort	C.V.(%)	Prob.
0-35 jours				
poids (g)	1523 (b)	1468 (a)	3.7	0.01
GMQ (g/j)	41.9 (b)	40.3 (a)	3.7	0.01
consommation (g)	2317 (b)	2244 (a)	3.7	0.05
IC	1.58	1.59	2.3	0.51
35-77 jours				
gain de poids (g)	5167 (b)	4957 (a)	2.7	0.01
GMQ (g/j)	123.0 (b)	118.0 (a)	2.7	0.01
consommation (g)	10194 (b)	9616 (a)	2.1	0.01
IC	1.97	1.95	1.2	0.06
77-111 jours				
gain de poids (g)	5027	4913	4.9	0.37
GMQ (g/j)	147.9	144.5	4.9	0.37
consommation (g)	14145	13963	3.7	0.42
IC	2.82	2.84	2.8	0.48
0-111 jours				
mortalité (%)	4.0	2.0		
poids final (g)	11718	11381	3.1	0.08
GMQ (g/j)	105.0	102.0	3.1	0.08
consommation (g)	26832 (b)	25886 (a)	2.0	0.01
IC	2.29	2.29	1.6	0.90
IC std à 11.4 kg	2.26	2.29	1.8	0.39