



Réduction par voie alimentaire des rejets en azote, phosphore et oligo-éléments des dindonneaux

Hugues VALANCONY⁽¹⁾, Adeline HUNEAU⁽²⁾,
Robert MAURICE⁽²⁾, Loïc BALAINE⁽²⁾

(1) DDAF des Côtes d'Armor, 1 rue du Parc, BP 2256, 22022 SAINT-BRIEUC Cedex 1

(2) AFSSA, site de Ploufragan, BP 53, 22 440 PLOUFRAGAN

RESUME

Les effets d'une réduction de l'apport en oligo-éléments, associée à l'utilisation d'oligo-éléments chélatés, de phytase ou à une diminution de 2 % de la teneur en énergie et protéines du régime, ont été évalués sur les performances zootechniques et les rejets chez des dindes de chair en croissance et en finition. La réduction des apports en Manganèse, Zinc et Cuivre dans le prémix permet de diminuer de 20 % la teneur en métaux dans les litières en fin d'élevage, sans modifier ni les performances globales de croissance ni les rendements à la découpe. L'incorporation de phytase entraîne une réduction significative des rejets en phosphore alors qu'une baisse de la teneur en protéines de l'aliment permet de diminuer la teneur en azote des litières, sans préjudice pour les performances. Ces résultats, obtenus en station, suggèrent qu'il est possible de diminuer les rejets en métaux et en éléments fertilisants en adaptant mieux les apports alimentaires aux besoins des animaux. Ces résultats nécessitent cependant d'être confirmés en élevages conventionnels.

SUMMARY

A study was conducted to determine the effects of a reduction of the oligo-element intake on the zootechnical performance and the oligo-element excretion in waste in meat turkeys during the growing period (between 4-8 weeks of age) and the finishing stage (between 8 to 16 weeks of age), in relation to the use of oligo-elements chelate, of phytase or to a 2 % decrease of the dietary content in energy and protein. The reduction of the Manganese, Zinc and Copper supplying in the premix allows to a 20 % reduction of the metal content of the litters at the end of the rearing period, without any change on the whole zootechnical performance or the carcass yield at the slaughterhouse. The dietary incorporation of phytase leads to a significant decrease of the phosphorus waste, while a reduction of the dietary protein content allows to decrease the nitrogen content of the litters without any deleterious effect on the zootechnical performance. Such results, obtained in experimental facilities, suggest that the excretion of metals and fertilizing compounds in the turkey waste can be reduced by a better adaptation of the dietary supplying to the animal requirements. However, these results require to be verify in the feld.

La valorisation des effluents d'élevages, sources de nuisances olfactives et de pollutions des sols et des eaux, constitue un problème capital pour l'aviculture en France. Pour faire face aux problèmes de dégradation de la qualité des eaux par l'azote d'origine agricole, les décrets du 27 août 1993 et du 4 mars 1996, transcriptions françaises de la Directive Européenne 91 / 676 / CEE, prévoient de limiter les

apports d'effluents d'élevage à 170 kg d'azote par hectare au 20 décembre 2002. Or, les déjections avicoles se caractérisent par une richesse élevée en éléments fertilisants, azote et phosphore, mais aussi en métaux comme le Fer, le Zinc, le Cuivre et le Manganèse. De ce fait, un épandage de fumier de volailles correspondant à 170 unités d'azote apporte des quantités excessives en phosphore et en

oligo-éléments par rapport au besoin moyen des cultures (Nys et Mohanna, 1999). Cette accumulation de métaux dans le sol peut entraîner des problèmes de phytotoxicité (William et al., 1999).

Plusieurs stratégies basées sur les progrès de la nutrition animale permettent de réduire les rejets avicoles d'azote, de phosphore et d'oligo-éléments. La première voie est de limiter les intrants en adap-

tant au mieux les apports alimentaires aux besoins des animaux. Par exemple, le CORPEN⁽¹⁾ souligne dans ses références de 1997 qu'une diminution de 0,1 % de la valeur absolue de la teneur en phosphore des aliments de volailles permettrait de baisser en moyenne de 20 % les rejets phosphorés. Une autre possibilité est d'augmenter la digestibilité de l'azote et du phosphore ainsi que la biodisponibilité des oligo-éléments afin de limiter les rejets d'éléments non assimilés. Ainsi, l'apport d'oligo-éléments sous forme de chélates (Van der Klis et Kemme, 1999) ou l'incorporation de phytase microbienne dans l'aliment (Pointillart, 1994) participent à une meilleure utilisation des nutriments.

Les oligo-éléments chélatés sont dits organiques et protégés, car ils résultent de la complexation d'un métal par une molécule organique. La molécule peut être une protéine partiellement hydrolysée (protéinate de métal), un acide aminé (complexe métal-acide aminé) ou encore des polysaccharides (complexe métal-polysaccharides). La chélation permettrait d'améliorer la biodisponibilité du métal en le protégeant contre des agents complexant insolubles ou des antagonistes présents dans le tube digestif et/ou en favorisant son absorption ou son utilisation métabolique. Toutefois, aucun de ces mécanismes n'a été clairement mis en évidence expérimentalement (Jondreville et al., 2002).

Le phosphore des végétaux, qui constitue la majeure partie (65-75 %) des apports de phosphore chez les monogastriques, est pour l'essentiel (65-75 %) sous forme d'acide phytique. Le phosphore phytique est réputé peu disponible pour les animaux et il a également de nombreuses propriétés antinutritionnelles à cause de ses six groupes phosphates qui sont capables de se lier avec des cations di- et trivalents (de Na⁺, K⁺, Fe²⁺, Zn²⁺...) pour former des complexes stables, appelés phytates. La phytase est une enzyme capable d'hydrolyser le phosphore phytique et ainsi de libérer le phosphore, mais également les oligo-élé-

ments qui étaient complexés, améliorant ainsi leur utilisation par les animaux. La phytase est naturellement présente dans certaines céréales comme le blé ou le seigle, mais la biotechnologie a également permis la fabrication de phytases microbiennes qui peuvent être ajoutées dans l'aliment des animaux (Pointillart, 1994).

Cette étude, réalisée à la demande du Comité Interprofessionnel de la Dinde Française (CIDEF), a porté sur la limitation par voie nutritionnelle des rejets dans l'environnement en azote, en phosphore et en oligo-éléments des élevages de dindonneaux. Différents régimes alimentaires ont été comparés afin d'étudier :

- l'impact d'une diminution des apports alimentaires en oligo-éléments (Manganèse, Cuivre et Zinc) et de leur incorporation dans l'aliment sous forme de chélates sur les performances zootechniques, les rejets en métaux et les rendements en découpe des dindonneaux ;
- l'intérêt de l'incorporation de phytase microbienne dans l'aliment pour réduire les rejets en phosphore, azote et métaux ;
- l'effet d'un régime "allégé", plus pauvre en protéines et en énergie, sur les performances zootechniques des dindonneaux et sur leurs rejets en éléments fertilisants (azote et phosphore) et en métaux.

1. Matériel et méthode

1.1. Dispositif expérimental

Cette étude a été réalisée dans un bâtiment à ventilation dynamique par extraction haute, composé de six blocs comprenant six parquets de 15 m² chacun, répartis autour d'un couloir central. La litière était constituée de copeaux de bois blanc à raison de 210 kg par parquet. Le programme lumineux suivant a été appliqué :

- de 0 à 4 semaines : (2 h 30 lumière + 3 h 30 obscurité) x 4.
- de 4 à 16 semaines : 16 h lumière + 8 h obscurité.

L'intensité lumineuse a été abaissée progressivement pour atteindre 10 lux au bout de cinq jours.

1.2. Animaux

Mille deux cents soixante dindonneaux mâles BUT 9 d'un jour ont été mis en place, à raison de 35 sujets par parquet. Ils ont été abattus et découpés à 111 jours dans un abattoir de Bretagne.

1.3. Aliments et comparaison des régimes

Six régimes alimentaires (tableau 1) ont été comparés en croissance et en finition, entre la 4^e et la 16^e semaine d'âge, par le croisement de trois formulations (« standard », « standard avec phytase » et

Tableau 1 : *Traitements expérimentaux (en croissance et finitions)*

Régimes	Formule	Teneur en oligo-éléments du prémix	Forme d'apport des oligo-éléments
1	Standard	Standard	Sels métalliques
2	Standard	Réduite	Sels métalliques
3	Standard	Réduite	Chélates* et sels métalliques
4	Standard + Phytase**	Réduite	Sels métalliques
5	Allégée	Standard	Sels métalliques
6	Allégée	Réduite	Sels métalliques

* Gamme MAAC® (Zootech, Ploufragan).

** Incorporation de 300 g / t d'aliment de Bio-Feed® Phytase (Novozymes France SA, Nanterre).

Tableau 2 : *Apports théoriques en oligo-éléments des régimes (en ppm)*

Régime	Teneurs oligo-éléments	Forme apports	Mn	Zn	Cu	Fe	I	Co	Mo	Se
1, 5	Standard	Sels	120	90	15	30	2	1	1	0,4
2, 4, 6	Réduite	Sels	60	65	10	30	2	1	1	0,4
3	Réduite	Chélates et sels	60 ^a	65 ^a	10 ^b	30	2	1	1	0,4

a Mn et Zn : 50 % de l'apport sous forme de chélates et 50 % sous forme de sels.

b Cu : 100 % de l'apport sous forme de chélates.

(1) CORPEN : Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement.

« allégé ») et de trois prémix : « témoin », « apport réduit en oligo-éléments sous forme de sels métalliques » et « apport réduit sous forme de chélates » (tableau 2). Les chélates de Zinc, de Magnésium et de Cuivre utilisés sont des chélates d'acides aminés hydratés, les acides aminés provenant de protéines de soja hydrolysées.

Les aliments étaient constitués de formules 100 % végétales et donc riches en acide phytique et ils étaient dépourvus de facteurs de croissance (tableau 3). Ils ont fait l'objet d'une analyse chimique classique (tableau 4). Le régime "allégé" se différencie essentiellement du standard par une concentration plus faible en protéines et en matières grasses. Tous les prémix ont été analysés avant incorporation pour vérifier leur teneur en oligo-éléments et un dosage de ces oligo-éléments a également été effectué sur les aliments fabriqués.

Chaque aliment a été distribué ad libitum à 210 mâles (6 parquets de 35 sujets). La répartition des traitements au sein des blocs a été réalisée par tirage au sort. Le programme alimentaire se découpait en quatre phases : démarrage (0 à 4 semaines), croissance (4 à 8 semaines), finition 1 (8 à 12 semaines) et finition 2 (12 à 16 semaines). La comparaison des traitements ne débutant qu'après

quatre semaines, l'aliment de démarrage était identique pour tous les lots et constitué d'une formule et d'un prémix classiques (tableaux 3 et 4).

■ 1.4. Mesures expérimentales

1.4.1. Performances zootechniques

Tous les dindonneaux ont fait l'objet d'une pesée individuelle à 4, 8, 12 et 16 semaines d'âge, après 6 heures de mise à jeun dans le cas de la dernière mesure. Un comptage journalier de la mortalité a été réalisé par parquet, en tenant compte des animaux écartés pour raisons sanitaires. La consommation d'aliment a été évaluée par pesées des quantités d'aliment restant dans les trémies à chaque transition alimentaire.

Rendements à la découpe et composition minérale osseuse

Après abattage, vingt carcasses par régime ont été pesées puis découpées manuellement. Les poids des filets sans peau et des cuisses désossées sans peau ont été relevés. Pour le calcul des rendements, il a été supposé que les dindons perdent 3 % de leur poids durant le transport de l'élevage à l'abattoir. Lors des découpes, dix fémurs par régime ont été prélevés pour être soumis aux analyses suivantes :

- Dosage des Matières Minérales par calcination à 550 °C,

- Dosage du Fer, du Manganèse, du Cuivre et du Zinc totaux par reprise des cendres par attaque acide et dosage par ICP-AES (Spectromètre d'Emission Atomique - Source Plasma à Couplage Inductif ou torche à plasma).

1.4.2. Analyses des litières

Afin d'évaluer les rejets, des prélèvements de litière ont été réalisés dans chaque parquet, deux heures après enlèvement des animaux. Un échantillon moyen d'un kilogramme par parquet a été constitué par mélange de trois prélèvements : deux en zone dortoir des dindonneaux et un entre la mangeoire et l'abreuvoir. Des pesées de litière en fin d'élevage ont également été réalisées sur trois parquets par régime.

Les analyses suivantes ont été effectuées sur chaque échantillon de litière :

- Matière Sèche par étuvage à 105 °C jusqu'à poids constant,
- Matière Minérale par calcination à 550 °C,
- Azote total par la méthode de Kjeldahl,
- Phosphore total (P2O5) par dosage par IPC-AES après reprise des cendres par attaque acide,
- Potassium total (K2O) par reprise des cendres par attaque acide et dosage par émission de flammes,
- Fer, Manganèse, Cuivre et Zinc

Tableau 3 : *Formulation des aliments (%)*

Périodes Régimes	Démarrage	Croissance			Finition 1			Finition 2		
		1, 2, 3	4	5, 6	1, 2, 3	4	5, 6	1, 2, 3	4	5, 6
		Standard	+ Phytase	Allégé	Standard	+ Phytase	Allégé	Standard	+ Phytase	Allégé
Maïs	10,00	5,00	5,00	5,00						
Blé 10,2 % MAT *	27,90	37,70	38,80	42,90	43,20	44,30	50,20	53,10	54,20	52,90
Soja 48	43,00	36,10	35,80	35,40	26,30	27,50	28,90	22,00	23,30	18,60
Graines de Soja toastées	11,90	7,50	7,50		13,90	12,00		8,20	6,20	
Graines de Colza 00		5,00	5,00	3,90	8,00	8,00	6,60	8,00	8,00	5,10
Pois				5,00			5,40			15,00
Alimet	0,23	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26	0,29	0,27	0,27	0,31
Huile de Soja	2,30	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Bergafat KP (acide palmique)		2,50	2,10	1,50	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50	3,00
Phosphate Bicalcique	3,05	2,75	2,20	2,60	2,35	1,80	2,25	2,00	1,40	1,85
Carbonate farine	0,62	0,59	0,74	0,70	0,51	0,66	0,72	0,50	0,74	0,72
Bicarbonate de soude	0,16	0,22	0,22	0,25	0,11	0,11	0,16	0,08	0,08	0,12
Choline 75 liquide	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
L Lysine pure		0,12	0,12	0,16	0,10	0,10	0,20	0,04	0,05	0,09
Thréonine				0,05			0,06			0,05
Sel	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,25	0,20	0,20
Prémix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

* MAT : Matières Azotées Totales sur matière sèche.

Tableau 4 : *Composition proximale des aliments (%)*

Périodes Régimes	Démarrage	Croissance			Finition 1			Finition 2		
		1, 2, 3	4	5, 6	1, 2, 3	4	5, 6	1, 2, 3	4	5, 6
		Standard	+ Phytase	Allégé	Standard	+ Phytase	Allégé	Standard	+ Phytase	Allégé
Protéines brutes (% MS)	27,50	24,50	24,50	23,00	23,00	23,00	21,00	20,00	20,00	18,20
Matières grasses (% MS)	6,20	8,90	8,50	6,10	11,70	11,30	8,50	11,10	10,70	7,80
Méthionine (% MS)	0,60	0,57	0,57	0,55	0,56	0,56	0,55	0,53	0,53	0,52
Méthionine + Cystine (% MS)	1,09	1,02	1,02	0,99	1,00	1,00	0,96	0,93	0,93	0,88
Lysine (% MS)	1,58	1,46	1,46	1,39	1,36	1,35	1,29	1,09	1,10	1,05
Thréonine (% MS)	1,08	0,95	0,95	0,93	0,89	0,89	0,85	0,76	0,76	0,73
Energie métabolisable (kcal/g MS)*	2970	3140	3140	3010	3330	3330	3170	3360	3360	3170
Cendres (% MS)	7,70	7,10	6,80	6,90	6,60	6,30	6,40	5,90	5,60	5,70
Calcium (% MS)	1,30	1,21	1,23	1,20	1,09	1,11	1,12	0,98	1,02	0,99
Phosphore (% MS)	0,97	0,91	0,82	0,87	0,85	0,75	0,80	0,76	0,65	0,70
Phosphore disponible (% MS)*	0,64	0,60	0,60	0,58	0,54	0,54	0,52	0,48	0,48	0,46

* Calculés selon les tables INRA (Ferrando et Blum, 1989)

Tableau 5 : *Paramètres zootechniques par périodes*

Périodes	Performances	1	2	3	4	5	6
		Témoin	Réduit	Chélates	+ Phytase	Allégé	All/Réduit
Démarrage	Poids vif à J28 (g) IC 0- 28 j	1202 ± 122 a 1,30	1201 ± 106 a 1,30	1161 ± 112 b 1,30	1181 ± 111 ab 1,30	1178 ± 118 ab 1,28	1182 ± 117 ab 1,31
Croissance	Poids vif à J56 (g)	3965 ± 378 a	3882 ± 349 a	3647 ± 403 b	3952 ± 398 a	3723 ± 371 b	3876 ± 395 a
	GMQ 28 - 56 j (g/j)	98,7 ± 1,5 a	96,3 ± 2,7 a	89,0 ± 4,1 b	99,0 ± 2,9 a	90,9 ± 2,6 b	96,2 ± 3,3 a
	PA 28 - 56 j (g / sujet/j) IC 0 - 56 j	174 ± 4 a 1,63 ab	167 ± 4 ab 1,61 a	161 ± 6 b 1,65 ab	174 ± 6 a 1,63 ab	168 ± 4 ab 1,67 b	174 ± 3 a 1,65 ab
Finition 1	Poids vif à J84 (g)	8409 ± 717 bc	8649 ± 789 a	8346 ± 779 c	8570 ± 738 ab	8302 ± 757 c	8510 ± 752 abc
	GMQ 56 - 84 j (g/j)	158,7 ± 2,7 b	170,3 ± 9,2 a	167,8 ± 4,4 ab	163,5 ± 3,7 ab	163,5 ± 3,7 ab	165,5 ± 5,4 ab
	PA 56 - 84 j (g / sujet/j) IC 0 - 84 j	336 ± 6 1,88	352 ± 9 1,86	343 ± 11 1,87	342 ± 10 1,86	342 ± 10 1,9	351 ± 15 1,91
Finition 2	Poids vif à J111 (g)	12773 ± 1030	12791 ± 1090	12540 ± 1027	12772 ± 1067	12516 ± 1082	12701 ± 1080
	GMQ 84 - 111 j (g/j)	161,6 ± 5,5	153,4 ± 11,1	155,4 ± 14,6	156,1 ± 1,6	156,1 ± 1,6	155,2 ± 7,5
	PA 84 - 111 j (g / sujet/j) IC 0 - 111 j	476 ± 14 2,25 ab	459 ± 18 2,23 a	467 ± 13 2,25 ab	465 ± 9 2,23 ab	479 ± 13 2,30 b	472 ± 10 2,28 ab
Total	GMQ 0 - 111 j (g/j) Mortalité (% et nombre)	114,5 ± 0,9 3,6 (8)	115,9 ± 3,3 6,8 (15)	112,4 ± 2,0 6,3 (14)	114,5 ± 1,1 5,4 (12)	112,5 ± 1,0 2,3 (5)	113,8 ± 1,2 2,7 (6)

Moyennes ± écart-types, n = 6 parquets

Les valeurs d'une même ligne ne portant pas de lettre commune diffèrent significativement (p < 0,05). L'absence de lettres dans une ligne indique une absence de différence significative.

GMQ : Gain de Moyen Quotidien

PA : Prise alimentaire

IC : Indice de Consommation en g aliment / kg de poids vif

totaux par reprise des cendres par attaque acide et dosage par IPC-AES.

1.5. Traitement des données

Les données collectées ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide du logiciel Systat 9. Afin de tester l'effet des traitements alimentaires sur les performances zootechniques et les rejets, les données ont été soumises, après vérification graphique de leur normalité, à une analyse de variance (ANOVA, p < 0,05). Quand un effet significatif a été détecté, les moyennes ont été ensuite comparées par le test de comparaison multiple de Tukey.

2. Résultats

2.1. Les aliments fabriqués et leur composition

Les résultats de l'analyse chimique des aliments distribués sont présentés dans le tableau 4. Les teneurs en oligo-éléments des prémix et des aliments sont conformes à celles prévues dans le protocole, excepté pour l'aliment de finition 1 du régime 5 où le dosage des oligo-éléments a montré que le prémix avait été incorporé deux fois lors de la fabrication. Cet aliment contient donc 256 mg/kg de Manganèse, 198 mg/kg de Zinc et 34 mg/kg de

Cuivre au lieu des teneurs théoriques présentées dans le tableau 2. Cette erreur de fabrication a été prise en compte lors de l'analyse des résultats zootechniques et des rejets.

2.2. Performances zootechniques

2.2.1. Croissances et indices de consommation

Les résultats zootechniques des différentes périodes sont présentés dans le tableau 5. Le Gain Moyen Quotidien (GMQ) global (de J0 à J111) ne diffère pas entre les groupes, mais des différences tran-

sitoires sont tout de même observées. Au début de la période d'essai (J28), le poids moyen des animaux assignés au régime 3 est significativement plus faible que ceux des dindonneaux des régimes 1 et 2. A J56, qui correspond à la fin de la période de croissance, les poids vifs et les GMQs des animaux des régimes 3 et 5 sont significativement inférieurs au témoin (1). Une prise alimentaire plus faible a été enregistrée pour le régime 3, mais le retard initial intervient aussi dans la différence observée. L'origine de l'écart entre les régimes 1 et 5 est moins claire : on observe des baisses de la prise alimentaire et de l'efficacité alimentaire pour le traitement 5, mais elles ne sont pas significatives. A la fin de la première période de finition (J84), les écarts de croissance s'atténuent, et à l'abattage (J111), les six lots ne présentent plus de différence de poids significative.

La réduction des apports en oligo-éléments pour les régimes standards (2 et 3) n'entraîne aucune modification significative des performances de croissance et de consommation par rapport au témoin (tableau 5). De même, ni l'ajout de phytase (régime 4) ni l'utilisation de chélates (régime 3) n'ont amélioré significativement les résultats zootechniques. Cependant, l'allègement de la formule en protéines et en énergie (régimes 5 et 6) tend à améliorer l'efficacité alimentaire en fin d'élevage par rapport aux régimes standards, mais les écarts observés ne sont pas significatifs.

■ 2.3. Rendements à la découpe

Les rendements à la découpe, calculés sur une vingtaine d'animaux par régime, ne présentent pas d'écarts significatifs entre les lots (tableau 6). Les pourcentages moyens de carcasse, compris entre 75,4 et 75,9 % du poids vif, et les proportions de cuisses (de 17,5 à 17,8 %) sont très proches et ne paraissent pas influencés par la réduction des apports alimentaires en oligo-éléments ou en protéines et énergie.

Les rendements en filets tendent, en moyenne, à être plus faibles pour les régimes allégés que pour les formules classiques, mais cette dif-

férence n'est pas significative. Une forte variabilité est observée pour un même régime (écart-type de 1 % pour les six traitements).

■ 2.4. Teneurs en oligo-éléments des os

Les teneurs moyennes en minéraux des fémurs analysés varient de 30,8 à 31,9 % du poids sec et ne présentent aucune variation significative entre les régimes (tableau 7). Les teneurs en Manganèse et en Cuivre sont plus élevées dans les os des animaux recevant le régime témoin par rapport aux dindonneaux consommant les autres aliments. La teneur en Zinc n'est pas influencée par la

modification des apports en énergie, protéines ou oligo-éléments. Les animaux recevant le régime témoin se caractérisent par une teneur en Fer dans les os significativement supérieure à celles des autres dindonneaux bien que les apports alimentaires en Fer, dans les matières premières et les prémix, soient équivalents pour les six régimes.

■ 2.5. Composition des litières en fin d'élevage

Les poids des litières et leurs teneurs en Matière Sèche, Matière Organique et Matières Minérales ne varient pas selon les régimes (tableau 8). Cependant, la concen-

Tableau 6 : *Rendements de découpe des dindonneaux à 111 jours*

Régimes	1	2	3	4	5	6
	Témoin	Réduit	Chélates	+ Phytase	Allégé	All/Réduit
Poids vif abattoir* (g)	12157	12375	12208	12167	12163	12374
Carcasse (%/ poids vif)	75,4 ± 1,6	75,9 ± 1,2	75,5 ± 1,3	75,7 ± 1,3	75,7 ± 0,8	75,4 ± 1,2
Filets (%/ poids vif)	22,6 ± 1,0	22,9 ± 1,0	22,6 ± 1,1	22,7 ± 1,1	22,4 ± 1,1	22,2 ± 1,0
Cuisses (%/ poids vif)	17,8 ± 0,7	17,5 ± 0,9	17,7 ± 0,7	17,8 ± 0,7	17,8 ± 0,9	17,5 ± 0,8

Moyenne ± écart-type, n=20 sujets découpés

* Poids moyen des 20 sujets découpés.

Les valeurs d'une même ligne ne portant pas de lettre commune différent significativement (p < 0,05). L'absence de lettres dans une même ligne indique une absence de différence significative.

Tableau 7 : *Résultats des analyses d'os exprimés par rapport au poids sec*

Régimes	1	2	3	4	5	6
	Témoin	Réduit	Chélates	+ Phytase	Allégé	All/Réduit
Matière minérale (%)	31,7 ± 1,2	30,8 ± 1,3	31,9 ± 1,6	31,2 ± 1,4	31,7 ± 0,8	31,3 ± 1,5
Fer (mg/kg)	81,5 ± 11,7 ^a	54,8 ± 10,3 ^b	50,1 ± 5,5 ^b	48,1 ± 4,7 ^b	51,6 ± 4,8 ^b	50,3 ± 6,9 ^b
Manganèse (mg/kg)	2,9 ± 0,4 ^a	2,2 ± 0,3 ^{bc}	2,4 ± 0,3 ^b	2,3 ± 0,2 ^{bc}	2,3 ± 0,2 ^{bc}	2,1 ± 0,2 ^c
Zinc (mg/kg)	71,1 ± 4,1	71,7 ± 6,5	75,0 ± 5,9	68,6 ± 6,4	70,8 ± 6,6	69,0 ± 6,4
Cuivre (mg/kg)	0,9 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^b	0,8 ± 0,1 ^{ab}	0,8 ± 0,1 ^{ab}	0,8 ± 0,2 ^{ab}	0,7 ± 0,1 ^b

Moyenne ± écart-type, n=10 tibias

Les valeurs d'une même ligne ne portant pas de lettre commune différent significativement (p < 0,05). L'absence de lettres dans une même ligne indique une absence de différence significative.

Tableau 8 : *Poids et teneurs des litières en éléments fertilisants par rapport au produit brut*

Régimes	1	2	3	4	5	6
	Témoin	Réduit	Chélates	+ Phytase	Allégé	All/Réduit
Poids litière* à J111 (kg)	646 ± 38	644 ± 40	636 ± 39	664 ± 45	639 ± 27	642 ± 36
Matière sèche (%)	58,0 ± 6,1	60,7 ± 6,6	59,8 ± 4,1	58,8 ± 5,8	59,3 ± 4,9	54,3 ± 4,1
Matière organique (%)	50,3 ± 5,7	52,8 ± 5,8	51,7 ± 4,0	51,0 ± 5,5	51,2 ± 4,6	47,0 ± 3,9
Matière minérale (%)	7,7 ± 0,6	7,9 ± 0,9	8,1 ± 0,2	7,8 ± 0,7	8,1 ± 0,6	7,3 ± 0,4
Azote total (kg/T)	18,0 ± 1,4	18,4 ± 1,4	17,7 ± 1,0	17,9 ± 0,7	17,0 ± 1,5	17,2 ± 1,3
Phosphore total (kg/T)	19,3 ± 2,0 ^{ab}	20,5 ± 2,4 ^a	21,0 ± 0,7 ^a	17,8 ± 1,9 ^b	19,8 ± 1,0 ^{ab}	18,5 ± 1,0 ^{ab}
Potassium total (kg /T)	15,7 ± 1,0	15,8 ± 2,1	15,4 ± 1,1	16,0 ± 1,4	14,3 ± 1,0	13,7 ± 1,0
Fer (mg/kg)	2285 ± 188	2408 ± 333	2364 ± 182	2312 ± 278	2227 ± 137	2122 ± 259
Manganèse (mg/kg)	223 ± 19 ^b	178 ± 24 ^c	178 ± 15 ^c	168 ± 17 ^c	288 ± 19 ^a	168 ± 17 ^c
Zinc (mg/kg)	182 ± 15 ^b	153 ± 21 ^c	154 ± 11 ^c	152 ± 22 ^c	217 ± 14 ^a	143 ± 12 ^c
Cuivre (mg/kg)	35 ± 4 ^b	28 ± 4 ^c	28 ± 2 ^c	27 ± 4 ^c	41 ± 4 ^a	26 ± 2 ^c

Moyenne ± écart-type, n=3 parquets pour les poids et n=6 pour les analyses de litière

* : Poids moyen des trois parquets de 15 m₂ (avec 210 kg de copeaux par parquet).

Les valeurs d'une même ligne ne portant pas de lettre commune différent significativement (p < 0,05). L'absence de lettres dans une même ligne indique une absence de différence significative.

tration en Phosphore total diffère de façon significative suivant les formules alimentaires : la teneur en phosphore dans les litières correspondant au régime 4 enrichi en phytase est inférieure de 8 à 18 % à celles des autres régimes standards (1, 2 et 3). Les teneurs en Azote et Phosphore tendent à être plus faibles avec les deux régimes allégés, mais les différences observées ne sont pas significatives.

Les rejets en Fer, Cuivre et Zinc sont significativement plus élevés pour le régime 5 que pour les autres. L'aliment de finition 1 de ce traitement avait reçu une double dose de prémix. La réduction des apports en oligo-éléments (2, 3, 4 et 6) permet de baisser significativement les rejets en métaux par rapport au témoin 1 : cette diminution atteint 24,2 % pour le Manganèse, 24,1 % pour le Cuivre et 18,0 % pour le Zinc dans le cas du régime 6. L'incorporation de phytase, l'allègement de la formule ou l'utilisation de chélates n'entraînent pas de réduction supplémentaire de la teneur en métaux des litières par rapport à une simple limitation de l'apport en oligo-éléments dans le prémix.

3. Discussion

■ 3.1. Influence des régimes sur les performances zootechniques

3.1.1. Effet de la réduction des apports en oligo-éléments sur les performances zootechniques

La réduction de la teneur en oligo-éléments ne provoque dans cet essai aucune dégradation des performances de croissance. Les oligo-éléments sont en effet apportés dans l'aliment en quantités très largement supérieures aux besoins de l'animal. Cet excès est en partie dû à "la marge de sécurité" prise en formulation : la supplémentation en oligo-éléments est systématique pour compenser les variations des apports en minéraux par les matières premières. Par conséquent, une faible réduction des apports en oligo-éléments dans les aliments de volailles ne pénalise pas les performances de croissance (Nys, 2001).

3.1.2. Effet de l'ajout de phytase sur les performances zootechniques

Dans notre étude, l'ajout de phytase dans les aliments du régime 4 n'a pas modifié les performances zootechniques des animaux par rapport au groupe témoin. L'étude menée par Yi et al. en 1996 a au contraire montré une augmentation du gain de poids vif chez des dindes mâles recevant un régime supplémenté en phytase, par rapport aux témoins consommant un aliment sans enzyme. Cependant, les résultats chez le poulet de chair soulignent que l'effet des phytases sur la croissance est plus marqué dans des régimes déficients en phosphore total, en phosphore disponible ou en acides aminés indispensables (Sébastien et al., 1996 ; Zanini et al., 1999). Les régimes utilisés pour notre étude ne présentent aucun déséquilibre en phosphore et en acides aminés, ce qui pourrait expliquer l'absence d'effet des phytases sur les performances des animaux.

3.1.3. Effet de l'apport d'oligo-éléments sous forme de chélates sur les performances zootechniques

L'absence d'effet de l'utilisation des chélates sur les performances zootechniques dans notre étude pourrait être liée au niveau élevé d'apports en oligo-éléments dans les aliments. En effet, dans des conditions éloignées de la carence, les formes d'incorporation des oligo-éléments, organiques ou inorganiques, influenceraient peu les performances des poulets de chair (Nys et Mohanna, 1999). Il semblerait que ce soit également le cas chez la dinde.

3.1.4. Effets de "l'allègement" de la formule sur les performances zootechniques

La baisse des teneurs alimentaires en protéines et en énergie dans notre étude n'était peut-être pas suffisante pour induire un effet marqué sur les performances de croissance des dindonneaux. Les essais de Summers et al. (1985 et 1989) sur des dindes mâles recevant des régimes appauvris en énergie et en protéines n'ont montré aucune différence de poids vif à 20 semaines par rapport à des témoins ayant un

régime conventionnel. Cependant, il constatait une augmentation de l'indice de consommation chez les animaux recevant une ration contenant moins de 24 % de protéines. Nos régimes allégés (5 et 6) contenaient par rapport aux formules conventionnelles (1, 2, 3 et 4) 23 vs. 24,5, 21 vs. 23 et 18,2 vs. 20 % de protéines pour les périodes de croissance, de finition 1 et de finition 2 respectivement. Ces écarts n'étaient apparemment pas assez élevés pour observer une augmentation significative de l'indice de consommation avec les formules allégées.

Cependant, si la différence d'efficacité alimentaire entre les régimes classiques et allégés n'est pas significative dans cet essai, il est possible qu'elle s'amplifie en élevages conventionnels. En effet, l'essai a été mené dans un bâtiment expérimental et avec des effectifs réduits. En production industrielle, la tendance à la diminution des performances avec les régimes allégés pourrait être exacerbée par des conditions moins favorables (lot peu homogène, compétition ...). De plus, les rendements à la découpe montrent une tendance à la baisse du poids en filet chez les animaux recevant les régimes allégés. Compte tenu de l'importance économique des filets dans la découpe de dinde, il serait intéressant d'étudier en conditions standards d'élevage l'effet d'un allègement du régime en énergie et en protéines sur le rendement en filets.

■ 3.2. Effet de la diminution des apports en oligo-éléments sur la composition minérale osseuse

Dans notre essai, la diminution des apports alimentaires en Manganèse et en Cuivre entraîne une baisse de la teneur en ces éléments dans les fémurs des dindonneaux. Les carences en Manganèse ou en Zinc sont connues pour favoriser l'apparition de troubles osseux comme la chondrodystrophie. Cependant, les niveaux d'apports en oligo-éléments utilisés dans cette étude sont suffisants pour prévenir les carences et les problèmes osseux qu'elles provoquent (Nys, 2001). La baisse de la teneur en Manganèse et en Cuivre

des os observée dans notre étude n'est donc pas nécessairement préjudiciable pour la santé des dindonneaux.

■ 3.3. Effets des régimes testés sur les rejets en éléments fertilisants et métaux

3.3.1. Rejets en azote et en phosphore

Conformément aux résultats observés (tableau 8), de nombreuses études montrent l'intérêt de l'ajout de phytase dans l'aliment des volailles afin de diminuer les rejets phosphorés (Nelson et al., 1971; Yi et al., 1996; Zanini et al., 1999). Ces enzymes améliorent en effet la disponibilité du phosphore phytique d'origine végétale contenu dans l'aliment et limitent ainsi la quantité de phosphore non-assimilé dans les déjections. De plus, l'ajout de phytase, en évitant l'insolubilisation des protéines par les phytates végétales, réduirait de 10 à 20 % l'excrétion d'azote chez la dinde (Yi et al., 1996). Ces diminutions importantes des rejets azotés sont obtenues avec des aliments appauvris en phosphore ou en protéines. Ce n'est pas le cas dans notre étude, ce qui peut expliquer l'absence d'effet des phytases sur les rejets azotés.

L'allègement des régimes 5 et 6 tend à diminuer les rejets en azote par rapport aux formules classiques, bien que ce résultat ne soit pas significatif. Leclercq (1996) a montré chez le dindonneau qu'une baisse de 2 à 3 % de la teneur en protéines des aliments permettait de diminuer les rejets d'azote de 8 à 12 g / kg poids vif final. En utilisant la même méthode de calcul basée sur le bilan entrées / sorties, il est possible d'estimer les excréctions moyennes d'azote dans notre étude : 44,3 g N / kg de poids vif pour les animaux recevant un régime classique (1, 2, 3 et 4) contre 40,4 g N / kg de poids vif pour ceux consommant la formule allégée (5 et 6). La baisse de 2 % de la teneur en protéines dans les aliments allégés permet donc une diminution des rejets de 4 g N / kg de poids vif.

3.3.2. Rejets en métaux

Seule la diminution de l'apport en oligo-éléments dans le prémix permet une baisse des rejets en métaux ; l'utilisation de phytase, de chélates ou l'allègement en protéines et énergie n'ont aucune influence sur ces rejets. Chez le poulet de chair, Zanini et al. (1999) et Sebastian et al. (1996) ont constaté que l'incorporation de phytase dans l'aliment favorisait la rétention du Zinc et du Cuivre. Ces enzymes hydrolysent en effet l'acide phytique et ainsi libèrent les oligo-éléments qui étaient complexés dans les phytates (Nys et Mohanna, 1999). Un tel effet n'a donc pas encore été observé expérimentalement chez la dinde.

■ 3.4. Analyse du coût des matières premières des aliments

Un coût matières premières des aliments, hors prémix, a été calculé pour les trois formules utilisées : standard, standard avec phytase incluant le prix des enzymes, et allégée (calculs sur les prix pratiqués fin 2001). La comparaison des coûts moyens pondérés des trois aliments par type de formule montre que le régime avec phytase a un prix très légèrement inférieur de 0,3 % à celui de la formule standard. L'incorporation d'enzymes revient à 1,50 euros par tonne mais ce surcoût est compensé par une diminution de l'incorporation de phosphore bicalcique. L'ajout de phytase apparaît donc possible sans augmenter le coût alimentaire. L'allègement en protéines et en énergie de la formule diminue le coût moyen des aliments de 4,8 % par rapport au régime témoin. La substitution des graines de soja par le pois explique cette baisse du prix de revient, malgré les suppléments nécessaires en acides aminés de synthèse. Ceci confirme l'intérêt économique de la diminution des apports alimentaires en protéines dans un contexte où le coût des sources protéiques est augmenté du fait de l'interdiction des farines animales.

4. Conclusion

Une réduction des apports en Manganèse, Zinc et Cuivre dans le prémix permet de réduire de 20 % la teneur en oligo-éléments des litières en fin d'élevage, sans modifier les performances zootechniques des dindonneaux élevés en station. De même, la formulation enrichie en phytase confirme son intérêt pour la réduction des rejets en phosphore, avec un prix de revient de l'aliment compétitif par rapport aux formules classiques.

Dans cet essai, l'utilisation de chélates et l'ajout de phytase, qui devraient contribuer à une meilleure biodisponibilité des oligo-éléments, n'ont ni amélioré les performances zootechniques des dindonneaux, ni diminué la teneur en métaux des litières.

L'allègement des formules en protéines et en énergie a permis d'obtenir en station des performances zootechniques équivalentes à celles observées avec un régime standard, tout en réduisant le prix de revient de l'aliment de 3 à 5 %. Il permet également de diminuer d'environ une unité les teneurs en azote et en potassium des litières en fin d'élevage. Cependant, la baisse, quoi que non significative, de l'efficacité alimentaire et du rendement en filets pourrait remettre en cause l'intérêt de l'allègement des formules, si les tendances observées dans cette étude se confirment sur le terrain.

La réduction de la charge polluante des déjections de volailles constitue un enjeu majeur pour le maintien des filières avicoles dans les grands bassins de production. Cette étude montre que des progrès significatifs dans la réduction des rejets en azote, phosphore et métaux peuvent être réalisés en adaptant mieux les apports alimentaires aux besoins des animaux. Cependant, ces premiers résultats obtenus en station expérimentale doivent être validés dans les élevages.

Références bibliographiques

- Bougon M.**, 1995. Influence des teneurs énergétiques et protidiques des aliments sur les performances des dindonneaux et la composition de la viande. *Sciences et Techniques Avicoles*, octobre 1995, n° 13, 38 - 45.
- CORPEN**, 1997. Estimation des rejets de phosphore par les élevages avicoles. *Sciences et Techniques Avicoles*, avril 1997, n° 19, 3 - 7.
- Ferrando R., Blum J.C.**, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles, 2^{de} édition. Paris (France) : INRA, 293 pp.
- ITAVI, AFSSA**, 2001. Les risques liés aux déjections avicoles : La réduction des rejets d'azote, de phosphore et de métaux. *Aviculture et respect de l'environnement*, Hors série de Sciences et Techniques Avicoles, septembre 2001, 39 - 42.
- Jondreville C., Revy P.S., Jaffrezic A., Dourmad J.Y.**, 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'homme et l'environnement. *INRA Production. Animaux*, 15 : 247 - 265.
- Leclercq B.**, 1996. Les rejets azotés issus de l'aviculture : importance et progrès envisageables. *INRA Productions Animales*, 9 (2) : 91 - 101.
- Nelson, T.S., Shieh T.R., Wodzinski R.J.**, 1972. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. *Journal of Nutrition*, 101, 1289.
- Nys Y., Mohanna C.**, 1999. Réduction par voie nutritionnelle du risque de phytotoxicité associé à la teneur en zinc dans les déjections avicoles. *Troisièmes Journées de la Recherche Avicole*, Saint Malo, 23 - 25 mars 1999, 77 - 79.
- Nys Y.**, 2001. Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. *INRA Productions Animales* 14 (3) : 171 - 180.
- Pointillart A.**, 1994. Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Productions Animales*, 7 : 29 - 39.
- Sebastian S., Touchburn S.P., Chavez E.R., Lague P.C.**, 1996. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, 75: 729 - 736.
- Summers D., Leeson S., Bedford M., Spratt D.**, 1985. Influence of dietary protein and energy on performance and carcass composition of heavy turkeys. *Poultry Science*, 64: 1921 - 1933.
- Summers D., Starr J., Spratt D.**, 1989. Weight gain and breast yield of large white male turkeys fed diets varying in protein content. *Poultry Science*, 68: 1547 - 1552.
- Van der Kils J.D., Kemme P.**, 1999. Evaluation des oligo-éléments : inorganiques et organiques. Ecrit après présentation au 26^e colloque sur la science des volailles, Peebles, Ecosse, Juin 1999. BASF, Info-Service Alimentation Animale 66/2000.
- Williams C.M., Barker J.C., Sims J.T.**, 1999. Management and utilization of poultry wastes. *Revue of Environmental Contamination and Toxicology*, 162: 105 - 157.
- Yi, Z., Kornegay T., Denbow D.M.**, 1996. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poult fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, 75: 979 - 990.
- Zanini S.F., Sazzad M.H.**, 1999. Effects of microbial phytase on growth and mineral utilization in broilers fed on maize soybean-based diets. *British Poultry Science*, 40: 348 - 352.

à ce **prix** là, connaissez-vous
l'asséchant qui
en fait tant?*



Cadeau !

ce bonnet offert**
pour tout achat de 250 kg de BIOSUPER

Offre valable jusqu'au 30 octobre dans la limite des stocks disponibles.

GRANDE PAROISSE Spécialités
10, RUE D'AGUESSEAU - 44000 NANTES
Tél : 02 40 35 07 80 - Fax : 02 40 89 31 63
info.specialites@grande-paroisse.com

BIOSUPER

■ Mieux vaut prévenir que guérir ! ■



4 actions
en 1 produit

*L'asséchant qui neutralise l'ammoniac, améliore l'ambiance et assainit.