

**INGESTION D'ALIMENTS CONTAMINÉS PAR PLUSIEURS MYCOTOXINES A FAIBLES DOSES
CHEZ LES DINDES : EFFETS SUR LA SANTE, LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES, LE
METABOLISME ET L'ASSIMILATION DES NUTRIMENTS**

**Travel Angélique^a, Martin Charlotte^a, Lopes Estelle^a, Skiba Fabien^b, Métayer Jean Paul^c, Mallet Serge^d,
Guilloteau Paul^e, Albaric Olivier^f, Guerre Philippe^g,
Bailly Jean-Denis^g, Cleva Didier^h**

^aITAVI, Centre INRA de Tours, BP 1, 37380 NOUZILLY ;

^bARVALIS-Institut du Végétal, 21 Chemin de Pau, 64121 MONTARDON ;

^cARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale, 91720 BOIGNEVILLE ;

^dINRA, UR83 Recherches Avicoles, 37380 NOUZILLY ;

^eINRA, UMR 1079-SENAH, Domaine de la prise, 35590 SAINT GILLES ;

^fONIRIS, Site de la Chantrerie, BP 40706, 44307 NANTES Cédex 3 ;

^gENVT, UPSP mycotoxicologie, BP87614, 23 chemin des capelles, 31076 TOULOUSE Cedex ;

^hCabinet ATLANVET, 1 rue du Moulin 85140 L'OIE

travel.itavi@tours.inra.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de notre étude était de caractériser l'impact d'aliments contaminés simultanément par 3 mycotoxines (DON, FUMO, ZEA) sur la santé, les performances et la digestibilité de l'énergie chez les dindes. 90 dindons de 1 jour ont été répartis en 3 groupes de 30 animaux. Ils ont reçu, de 1 à 42j, l'un des trois aliments : sans mycotoxine (T), aliment T supplémenté avec les 3 mycotoxines, chacune incorporée aux valeurs seuils recommandées par l'UE (M1) ou aliment T contenant les 3 toxines à une dose réduite de moitié (M1/2). Les animaux étaient élevés au sol, l'eau et les aliments étaient distribués *ad libitum*. Simultanément à cet essai, la digestibilité de l'énergie des aliments a été mesurée, de J39 à J42, chez des dindons ayant reçu les mêmes aliments. Vers J5, une forte mortalité post vaccinale (NCD) a été observée, elle était croissante selon la dose de mycotoxines des aliments. Ensuite, de 7 à 42j, aucune différence de mortalité n'a été constatée entre lots. Dès J35, la consommation d'aliment, le poids vif et le GMQ des animaux recevant les aliments contaminés ont été significativement réduits. L'indice de consommation était identique pour tous les lots entre 1 et 42j. Les mesures de digestibilité n'ont montré aucun effet des mycotoxines sur la digestibilité de l'énergie et l'EMAN des aliments. Par ailleurs, des modifications ont pu être notées chez les animaux exposés aux mycotoxines : poids des viscères, microlésions rénales, spléniques et caecales, cellules à mucus des villosités iléales, enzymes pancréatiques. En conclusion, nos résultats suggèrent qu'une exposition à un aliment contenant plusieurs mycotoxines, à des concentrations inférieures ou égales aux recommandations européennes, serait susceptible d'altérer les paramètres zootechniques, métaboliques et fonctionnels des dindonneaux. Toutefois, les animaux ayant réagi un passage d'adénovirus lors de cet essai, ces résultats demandent à être confirmés par de nouvelles études.

ABSTRACT

The impact of intake of low level multi-mycotoxin contaminated feed on the health, performance, metabolism and diet digestibility of young turkeys

The aim of this study was to determine the impact of diets contaminated simultaneously by 3 mycotoxins (DON, FUMO, ZEN) on health, performance and energy digestibility of young turkeys. Ninety, one-day-old animals were randomly assigned to 3 groups and fed different diets for six weeks: a control diet (T), a diet contaminated with DON+FUMO+ZEN at regulatory levels (M1) and a diet contaminated with these 3 toxins at half the statutory levels (M1/2). Animals were reared on litter, with *ad libitum* access to water and feed. At the same time, the energy digestibility of the same experimental diets was evaluated on others turkeys, during the 39-42D period. Towards D5, an important post-vaccinal (NCD) mortality was observed which was correlated with the mycotoxin levels in feed. For the next 5 weeks, no difference in mortality was observed between treatments. From D35, feed consumption, live body weight and daily weight gain of birds receiving contaminated diets decreased significantly. The feed conversion ratio was the same for the different treatments throughout the experimental period. Other modifications were noticed on organs of animals fed mycotoxins during post-mortem examination: internal organs weight modification, histological lesions of the kidney, spleen and caeca, mucus cell concentration in intestinal villousities and pancreatic enzyme activity. The digestibility assay showed no difference in energy value between the 3 diets. To conclude, this study suggests that turkey exposure to feeds containing several mycotoxins, incorporated at levels lower or equal to European regulation, could degrade the zootechnical, metabolic and functional parameters of turkeys. In this trial, animals were accidentally exposed to an adenovirus, therefore our results must be validated by further studies

INTRODUCTION

Les mycotoxines constituent un groupe hétérogène de molécules issues du métabolisme secondaire de champignons se développant sur les végétaux. Plus de 300 métabolites ont actuellement été identifiés mais environ une trentaine présente des propriétés toxiques préoccupantes pour la santé humaine et animale (Bailly, 2008). Ces contaminants sont fréquents puisque la FAO (2003) estime que 25% des céréales produites au niveau mondial contiennent des mycotoxines, ce qui engendre un risque pour la santé humaine et animale. La réglementation européenne fixe des maxima pour certaines mycotoxines dans les denrées alimentaires (Règlement CE 466/2001 modifié) et dans les aliments pour animaux (Règlement CE 32/2002 modifié et Recommandation CE 576/2006). Ces réglementations ont été établies en considérant le pouvoir toxique de chaque mycotoxine, prise individuellement et essayent de tenir compte des différences de sensibilité entre certaines espèces animales (porcs, ruminants, chevaux). Cependant, pour les volailles, il n'existe pas de différences de seuil en fonction de l'espèce, du stade physiologique ou du type de production. Bien que les espèces avicoles soient considérées comme parmi les espèces les plus résistantes à ces toxines, la contamination de l'aliment par une mycotoxine à forte dose peut entraîner une altération des performances, des fonctions de reproduction, de l'immunité et de la santé, pouvant conduire à la mort de l'animal. Ces effets négatifs des principales mycotoxines, sur les volailles, sont désormais assez bien documentés (Afssa, 2009 ; Bailly, 2009, Chowdhury et Smith, 2007 ; Tardieu et al, 2007 ; Weibking et al, 1993). Cependant, lors de contamination naturelle des aliments, les multi contaminations à faible dose se révèlent fréquentes. Or peu de travaux se sont intéressés aux conséquences d'une **ingestion chronique** et **simultanée** de plusieurs mycotoxines sur la santé des volailles. Pourtant, ce schéma d'exposition est certainement le plus fréquemment rencontré en élevage et peut être responsable de baisses de performances des animaux et de pertes économiques conséquentes. L'objectif du présent travail était de caractériser l'impact d'aliments contaminés simultanément par trois mycotoxines sur la santé, les performances et la digestibilité de l'énergie chez des dindes. Les trois mycotoxines ciblées sont les mycotoxines issues de *Fusarium*, les plus fréquentes en France : Déoxynivalénol (DON), Fumonisines (FUMO) et Zéaralénone (ZEA).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Animaux et conditions d'élevage

90 dindonneaux mâles BUT 10, âgés de 1j, ont été élevés au sol (sur copeaux), dans une même salle. A leur arrivée à l'unité expérimentale de l'INRA de Tours (37), les dindonneaux ont été bagués individuellement à l'aile. Ils ont ensuite été pesés individuellement et répartis dans trois parquets de

10m² chacun, de manière à obtenir un poids moyen et un écart-type homogènes entre les parquets (30 animaux/parquet soit 3 dindonneaux/m²).

Les animaux ont été élevés pendant 42 jours (de J1 à J42) selon les programmes classiques d'éclairage et de température. Les paramètres d'ambiance étaient relevés quotidiennement dans chaque parquet.

1.2. Mesures sanitaires

Les dindonneaux ont été vaccinés au couvoir contre la Rhino Trachéite Infectieuse (RTI). A J28, tous les dindonneaux des trois lots ont été vaccinés contre l'entérite hémorragique par incorporation du vaccin dans l'eau de boisson (DINDORAL®, 30 doses/parquet dans l'abreuvoir). Pour estimer l'impact des mycotoxines sur la réponse vaccinale des dindons, tous les animaux ont été vaccinés (sous cutané au bréchet) contre la maladie de New Castle (NCD) à J3 (0,2 ml de NOBILIS® NEWCAVAC).

1.3. Aliments

Les animaux ont été nourris *ad libitum* sur toute la période d'élevage avec un accès libre à l'eau. Afin de répondre au mieux aux besoins nutritionnels des animaux, des aliments spécifiques du stade physiologique ont été formulés et distribués: aliment démarrage de 1 à 21 jours d'âge puis un aliment croissance de 22 à 42 jours.

Les 3 aliments expérimentaux différaient par les niveaux de mycotoxines incorporés (identiques en démarrage et croissance).

- T : aliment témoin dépourvu de mycotoxines,
- M1 : aliment supplémenté avec trois mycotoxines, chacune incorporée aux valeurs seuils recommandées par l'UE, soit 5ppm de DON, 20ppm de FUMO (FB1+FB2) et 0,5 ppm de ZEA,
- M1/2 : un aliment contenant les trois mycotoxines à une dose réduite de moitié soit 2,5 ppm de DON, 10 ppm de FUMO et 0,25 ppm de ZEA.

Les aliments M1 et M1/2 ont été obtenus par incorporation de mycotoxines partiellement purifiées. Ces molécules, produites à partir de culture de *Fusarium*, ont été fournies par l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse sur support de poudre de riz et maïs pour le DON et la ZEA (poudre unique) et sur support de poudre de maïs pour les FUMO. La fabrication de l'aliment a été prise en charge par ARVALIS. Une analyse par HPLC-MS a permis de vérifier le profil mycotoxique des aliments.

1.4. Mesures

a. Performances

Pendant la durée de l'essai (1 à 42j), la mortalité a été notée quotidiennement. La consommation d'aliment par parquet (n=1) ainsi que le poids individuel des animaux (n=30) ont été relevés chaque semaine. L'indice de consommation par parquet (IC) (n=1) et le gain moyen quotidien (GMQ) (n=30) des individus ont été calculés chaque semaine.

b. Autopsies et caractérisation des lésions

A la fin de l'essai (J42), 15 dindons/lot ont été euthanasiés et les lésions éventuelles caractérisées.

- Lésions macroscopiques

Des autopsies ont été réalisées sur tous ces animaux par un vétérinaire. Toutes les lésions macroscopiques observées sur les organes ont été enregistrées (fiches commémoratives). Le tube digestif (de la jonction pylorique jusqu'au cloaque) a été extrait de la carcasse et pesé tout comme le gésier, le proventricule, le foie, le cœur, la rate, les reins et la bourse de Fabricius. Le tube digestif a été segmenté en pancréas, duodénum, jéjunum, iléon, cæca et amygdales caecales. Le duodénum, le jéjunum et l'iléon ont été pesés pleins et leurs longueurs ont été mesurées. Ensuite, le contenu de chaque segment d'intestin grêle a été recueilli.

- Lésions microscopiques

Pour chaque organe prélevé, une part représentative d'environ 1 à 3 cm a été découpée, rincée dans trois bains successifs de liquide physiologique (NaCl 9g/L) puis stockée dans un flacon de formol 10% à température ambiante. Un 2^e prélèvement similaire a été effectué et conservé dans le formol à 4°C. L'analyse histologique des organes a été réalisée par l'ONIRIS (Nantes). Chaque prélèvement a été recoupé, mis en caissette et enrobé de paraffine puis orienté afin d'obtenir des coupes de 3 µm de diamètre. Celles-ci ont été étalées sur lames pour être colorées à l'hémalum-éosine-safran (coloration standard). Différentes lésions histologiques élémentaires, couramment observées ou décrites comme pouvant être provoquées par des mycotoxines, ont été recherchées pour chaque organe.

- Morphologie intestinale

Le lendemain de l'abattage, les échantillons intestinaux fixés dans le formol 10% et placés à 4°C, ont été rincés 3 fois à l'éthanol 70%, puis conservés à nouveau au frais, dans leur dernier bain. Pour chacun des 3 segments intestinaux, un morceau de 0,5 cm² a subi une double coloration : au bleu d'Alcian (pH 2,5) et au PAS (Périodic Acid Schiff). Les échantillons ont été ensuite disséqués sous loupe binoculaire : les villosités et cryptes ont été détachées une à une de la musculature puis déposées entre lame et lamelles. Les lames ont été observées sous microscope équipé d'une caméra et d'un logiciel d'analyse d'image (Visilog). Les hauteurs et largeurs des villosités et des cryptes ainsi que le nombre de cellules à mucus ont été mesurés.

c. Altérations physiologiques et métaboliques

- Biochimie sanguine

Des prises de sang (2 ml) ont été réalisées sur 20 animaux par traitement à la veine alaire à 42 jours. Les sangs ont été centrifugés afin de récupérer le sérum pour le dosage de 3 marqueurs du métabolisme hépatique et rénal : l'activité des phosphatases alcalines totales et de l'alanine aminotransférase et le taux d'acide urique.

- Activité enzymatique du pancréas

Un morceau de pancréas (1 à 1,5g) prélevé à l'abattage a été placé dans des tubes Eppendorf (2 mL) congelé immédiatement dans de l'azote liquide puis conservé à -80°C. Ces 45 échantillons encore congelés ont été pesés et broyés sur glace pilée au

Polytron dans 10 ml d'eau distillée. Après centrifugation de l'homogénat à 4°C (5 min x 1000g), le surnageant a été collecté et conservé à -20°C jusqu'aux analyses. Le contenu en protéines pancréatiques et le dosage des activités enzymatiques (trypsine, amylase et lipase) ont été déterminés à l'INRA de Rennes selon les méthodes décrites par Guilloteau et al. (2010).

- Bactériologie et pH des contenus digestifs

Des mesures de pH ont été effectuées sur le contenu de chaque segment intestinal recueilli à J42. Des numérations bactériennes, coliformes et lactobacilles, ont été réalisées respectivement sur les milieux gélosés sélectifs Drigalski et MRS (Man Rogosa et Sharpe). 48 heures après les prélèvements, 1 à 5g de contenu intestinal ont été pesés et dilués au 10^{ème} avec du sérum physiologique stérile (NaCl 9g/l). Ces bouillons ont été dilués successivement (10⁻¹ à 10⁻⁸) puis 100µL de chaque dilution ont été ensemencés sur les deux milieux gélosés (Drigalski et MRS). Les colonies ont été dénombrées après 48h à 37°C.

d. Immunité

Deux prises de sang ont été effectuées à la veine alaire (prélèvement de 2mL) aux âges de 21 et 42j, sur 20 animaux par traitement et les échantillons ont été conservés à 4°C. La détection et la quantification des anticorps anti-NCD ont été réalisées avec un kit ELISA par BIO CHENE VERT afin d'évaluer la réponse vaccinale des animaux.

1.5. Essai digestibilité

Simultanément à l'essai au sol, une étude de la digestibilité des aliments a été conduite par ARVALIS. Les aliments (même fabrication) et les animaux (même parquet de couvoir) étaient identiques à l'essai précédent. Aucune vaccination n'a été effectuée sur ces animaux. Des dindonneaux (n=72, 24 par traitement) ont été élevés en cages individuelles de 1 à 42j d'âge. Un bilan digestif a été effectué entre J39 à J42. La mesure de l'énergie dans les aliments et les fientes récoltées a permis de déterminer individuellement la digestibilité de l'énergie.

1.6. Analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel SAS 9.1.3. La normalité des variables continues a été vérifiée (proc Univariate) avec les tests de Shapiro-Wilk, Skewness et Kurtosis. Pour les variables dont la répartition suivait une loi normale, l'effet du traitement alimentaire a été testé par une analyse de variance (proc GLM). Les autres données (mortalité, résultats d'autopsies et d'histologie) ont fait l'objet d'un test non paramétrique de type Kruskal-Wallis (proc Freq).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats d'analyses des aliments sont présentés dans le tableau 1. Il apparaît que les niveaux mesurés correspondent globalement aux niveaux attendus. Il est à noter toutefois, des teneurs en DON supérieures

aux valeurs attendues dans les aliments M1/2 et M1 (environ +50%).

Au terme de la première semaine d'élevage, une forte mortalité post vaccinale (vaccin New Castle à J3) a été observée chez les animaux exposés aux mycotoxines avec un effet dose : 0, 13,33 et 23,33% respectivement pour les lots T, M1/2 et M1. Ensuite, de 7 à 42j, la mortalité était plus faible et aucun impact significatif des différents aliments testés n'a été constaté (tableau 2). Cette forte mortalité consécutive à une vaccination NCD précoce pose de nombreuses interrogations. Même s'il est connu que les mycotoxines peuvent affecter le système immunitaire lors d'une sollicitation vaccinale et diminuer l'efficacité du vaccin (Yegani et al, 2006 ; Pinton et al, 2006), la mortalité observée n'était pas attendue. D'autre part, les résultats du dosage des anticorps contre NCD à 21 et 42j n'ont pas permis de mettre en évidence de relation entre la mortalité observée et la concentration en anticorps des dindes des 3 lots.

Dès la première semaine, les lots recevant des aliments contaminés par les mycotoxines ont numériquement réduit leur consommation alimentaire avec un effet-dose et ce jusqu'à la fin de l'expérimentation (-7,2 et -10% respectivement pour M1/2 et M1 à J42 – tableau 2), mais aucune analyse statistique n'a pu être réalisée (n=1). Les performances de croissance (poids et GMQ) ont été altérées significativement à partir de J35 chez les dindonneaux exposés. En effet, à J42, le poids des animaux a été réduit en moyenne de 109g avec l'aliment M1/2 et de 190g avec l'aliment M1 comparativement aux animaux du lot T (p=0,008). Sur la totalité de l'essai, le GMQ a aussi été abaissé de 4,3 et 9,9% respectivement pour les lots M1/2 et M1 (p=0,006). Néanmoins, l'indice de consommation est resté identique entre lots (1,51 en moyenne ; tableau 2). Nos résultats confortent les observations de Swamy et al. (2004). Il apparaît donc que seule la baisse d'ingéré est à l'origine de la réduction des performances de croissance.

Les autopsies réalisées à 42j n'ont pas révélé de lésions macroscopiques spécifiques mais ont permis de noter une présence plus importante de rates hypertrophiées chez les animaux du lot M1/2 (p=0,02) ; cette observation a été faite sur 47% des animaux du lot M1/2 contre 13% pour le lot M1 et 7% pour le lot T (tableau 2). Comparés aux animaux du lot T, la présence de mycotoxines dans l'aliment a augmenté significativement le poids relatif du proventricule, du gésier, du pancréas de la rate, (et du foie : NS) bien qu'aucun effet dose ne puisse clairement être mis en évidence. Ces observations confortent les résultats de Weibking et al (1993) et Ledoux et al (1992). Inversement, une réduction du poids des cæca (et de l'iléon pour le lot M1/2) a été constatée chez les animaux exposés. Les mesures de morphométrie intestinale n'ont révélé aucune modification de structure des villosités et des cryptes entre lots. Néanmoins, il a été observé, à 42j, une concentration plus importante de cellules à mucus dans les villosités iléales des dindons exposés (9024

et 7982 cell/mm² respectivement pour M1 et M1/2 vs T). Ceci suggère une sécrétion plus importante de mucus dans la lumière iléale, laissant supposer une inflammation au niveau distal de l'intestin. En effet, l'histologie des cæca a montré la présence de lésions inflammatoires (typhlites) marquées chez les dindes exposées aux mycotoxines.

D'autres lésions, au niveau des reins (lésions des tubes médullaires, lésions de néphrite interstitielle médullaire et présence de corps d'inclusion intranucléaires au sein des cellules tubulaires) et de la rate (adénovirose) ont été observées chez les dindons des lots M1/2 et M1. Cet examen histologique a révélé un passage d'adénovirus (entérite hémorragique) qui a touché tous les lots d'animaux. Néanmoins, seuls les lots recevant des mycotoxines ont présenté des symptômes et développé des lésions spécifiques et très marquées. Les animaux du lot T, élevés dans la même cellule, n'avaient que peu ou pas de lésions. Celles ci seraient elles dues à un passage viral ou à une réaction post vaccinal au Dindoral ?

Bien que la quantité de protéines pancréatiques ne soit pas modifiée, les activités enzymatiques pancréatiques (exprimées par g de tissus) étaient plus faibles lors de l'ingestion de la dose de mycotoxine la plus élevée. Ceci pourrait affecter négativement la digestibilité des nutriments. Dans cet essai, d'autres marqueurs sériques (phosphatase alcaline, alanine aminotransférase et acide urique) ou intestinaux (pH, flore et structure) n'ont pas été modifiés par l'exposition aux mycotoxines.

L'essai digestibilité a montré que la valeur énergétique des aliments (EMAn) et la digestibilité de l'énergie sont similaires entre les 3 traitements chez les dindons en 6^{ème} semaine d'âge (Figure 1). Cet essai en cages individuelles n'a pas mis en évidence de différence sur les paramètres zootechniques entre lots (résultats non présentés), alors que l'essai au sol a montré une réduction des performances chez les animaux recevant les mycotoxines. Il semble que la réponse des animaux face à une exposition aux mycotoxines puisse dépendre de la pression sanitaire subie par les volailles.

CONCLUSION

Cet essai tend à montrer que l'exposition à un aliment contenant plusieurs mycotoxines, à des concentrations inférieures ou égales aux recommandations européennes, est susceptible d'altérer les performances zootechniques des dindes. Cette altération semble liée à une diminution de la consommation alimentaire dont l'origine reste à déterminer. L'impact du passage d'entérite hémorragique sur les performances n'est pas à négliger, mais ne peut être évalué dans cet essai. Des investigations complémentaires devront être conduites en vue de 1/ valider les perturbations physiologiques et métaboliques observées sur des animaux non infectés par un agent pathogène (ici adénovirus) et 2/ comprendre le lien de cause à effet entre l'exposition aux mycotoxines et mortalité post vaccinale observée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afssa, 2009. Eval des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires. pp308
- Bailly J-D., 2008. Elev. Perf. & health in pigs and poultry, 231 – 266.
- Bailly J-D., 2009. Proceed. of the 3rd Turk. Sci. & Prod. Conf.
- Chowdhury S.R. et Smith T.K., 2007. Canadian Journ. of Anim. Sci., 87 : 543-551.
- Etude FAO Alimentation et nutrition 81, 2003. 188pp.
- Guilloteau, P.; Savary, G.; Jaguelin-Peyrault, Y.; Rome, V.; Normand, L. le; Zabielski, R. 2010. Journ. Dair. Sc., 93(12) : 5842-5850
- Ledoux D.R., Brown T.P., Weibking S. et Rottinghaus G.E., 1992. J. Vet. Diagn. Invest., 4 : 330-333.
- Pinton P., Accensi F., Beauchamp E., Cossalter A-M., Callu P., Grosjean F. et Oswald I.P., 2006. Journ. Rech. Porc., 38 : 399-406.
- Swamy H.V.L.N., Smith T.K., Karrow N.A. et Boermans H.J., 2004. Poult. Sci., 83 : 533-543.
- Tardieu D., Bailly J. D., Skiba F., Metayer J.P., Grosjean F., Guerre P., 2007. Poultry Science, 86 : 1887-1893.
- Weibking T.S., Ledoux D.R., Brown T.P. et Rottinghaus G.E., 1993. J. Vet. Diagn. Invest., 5 : 75-83
- Yegani M., Smith T.K., Leeson S. et Boermans H.J., 2006. Poultry Science, 85 : 1541-1549.

Tableau 1. Résultats des analyses mycotoxicologiques des aliments

Aliments	Mycotoxines	Démarrage		Croissance
		Attendu (ppm)	Résultat (ppm)	Résultat (ppm)
T	DON	0	<LQ*	<LQ
	FB1+FB2	0	<LQ	<LQ
	ZEA	0	0,059	0,064
M1/2	DON	2,50	3,91	3,90
	FB1+FB2	10,00	9,08	9,24
	ZEA	0,25	0,31	0,32
M1	DON	5,00	7,29	7,52
	FB1+FB2	20,00	17,49	18,42
	ZEA	0,50	0,57	0,57

*LQ : Limite de Quantification

Figure 1. Valeur énergétique des aliments et digestibilité de l'énergie

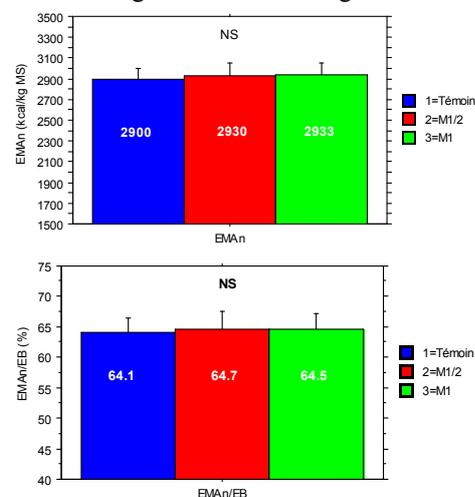


Tableau 2. Performances des animaux et évolution des biomarqueurs suivis selon les aliments et la période

Critères mesurés	Période considérée	Aliments expérimentaux			Prob
		T	M1/2	M1	
Mortalité (nb animaux mort/nb d'animaux présents en début de période)	J0-J42	0/30 ^a	6/30 ^b	8/30 ^b	0,013
	J0-J7	0/30 ^a	4/30 ^b	7/30 ^b	0,023
	J7-J42	0/30	2/26	1/23	NS
Consommation individuelle d'aliment (g/j/dindon)	J0-J21	28,2	27,1	26,8	*
	J0-J42	72,1	66,9	64,9	*
Poids vif des dindonneaux (g)	J0	53,7 ±2,7	53,8 ±2,7	53,87 ±2,7	NS
	J35	1356 ^a ±158,5	1300,7 ^{ab} ±113,5	1250,1 ^b ±131,8	0,027
	J42	1982,1 ^a ±236,5	1872,7 ^{ab} ±203,7	1791,8 ^b ±195,4	0,008
GMQ individuel (g/j/dindon)	J0-J42	47,1 ^a ±5,8	45 ^{ab} ±4	42,4 ^b ±4,7	0,006
Indice de Consommation par parquet	J0-J42	1,50	1,51	1,53	*
Lésions relevées à l'autopsie (% d'individus avec des rates hypertrophiées)		7 ^b	47 ^a	13 ^{ab}	0,020
Poids relatif du proventricule (%)	Mesures sur sur 15 dindons/lot à J42	0,37 ^b ±0,03	0,40 ^a ±0,03	0,40 ^a ±0,04	0,046
Poids relatif du gésier (%)		2,34 ^b ±0,43	2,52 ^{ab} ±0,33	2,69 ^a ±0,33	0,037
Poids relatif du pancréas (%)		0,25 ^b ±0,04	0,28 ^a ±0,02	0,26 ^{ab} ±0,03	0,046
Poids relatif de la rate (%)		0,14 ^b ±0,03	0,19 ^a ±0,07	0,14 ^b ±0,05	0,016
Poids relatif du foie (%)		2,03 ±0,13	2,11 ±0,23	2,13 ±0,17	NS
Poids relatif de l'iléon (%)		1,11 ^a ±0,11	0,99 ^b ±0,10	1,11 ^a ±0,08	0,001
Poids relatif des cæca (%)		0,34 ^a ±0,05	0,29 ^b ±0,05	0,28 ^b ±0,06	0,01
Protéines (mg/g pancréas)		166,55 ±20,56	174,68 ±25,53	159,77 ±23,63	NS
Activité Trypsine (UI/g pancréas)		13,81 ^a ±3,64	13,37 ^a ±3,35	10,85 ^b ±2,07	0,041
Activité Lipase (UI/g pancréas)		0,06 ^a ±0,02	0,06 ^a ±0,01	0,04 ^b ±0,01	0,016
Nb de cellules à mucus de l'iléon (cell/mm ²)	7982 ^b ±728	9159 ^a ±611	8889 ^a ±866	0,0016	

a-b-c : les moyennes suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas au seuil P=0,05

* pas d'analyse statistique car une donnée de consommation d'aliment par traitement soit n=1