

EFFET DE LA SUPPLEMENTATION EN PAROIS DE LEVURE SUR LES PERFORMANCES DE POULETS DE CHAIR : ANALYSE DE 3 ESSAIS

Barbé Florence¹, Sacy Audrey¹, Demey Vanessa¹, Chevaux Eric¹, Castex Mathieu¹

¹Lallemand SAS, 19 rue des Briquetiers, 31702 BLAGNAC, FRANCE

fbarbe@lallemand.com

RÉSUMÉ

En tant qu'alternatives aux antibiotiques, les produits à base de mannanes-oligosaccharides (MOS) issus de parois cellulaires de levure ont montré des effets positifs sur les performances des volailles et sur de nombreuses voies métaboliques. L'objectif de cette étude était d'étudier les effets d'un nouveau produit commercial à base de parois de levure sur les performances zootechniques de poulets de chair élevés dans des conditions commerciales standard. Trois essais consécutifs ont été réalisés dans une ferme commerciale (France) avec les mêmes conditions expérimentales (aliment, bâtiment, température/humidité) pendant 35 jours sur des poulets de chair Ross 308 mâles (essais 1 et 3) et femelles (essai 2) répartis aléatoirement à j0 en 2 groupes (13 oiseaux/parc): témoin (T : 6 parcs/essai) et Optiwall (Lallemand) supplémenté à 2 kg/tonne d'aliment (O : 7 parcs/essai). Le même aliment commercial miette démarrage (maïs, blé, tourteau de soja) a été utilisé pour les 3 essais pendant toute la durée de l'essai (35 jours). L'aliment et l'eau étaient disponibles à volonté. Le poids vif (PV) et les refus alimentaires ont été enregistrés à j0, 11, 18, 25 et 35. Le gain quotidien moyen (GMQ), l'ingéré (I) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés pour chaque période. Le nombre de morts a été enregistré dans chaque groupe au cours de chaque essai. L'analyse combinée des 3 essais a été réalisée jusqu'à j35 pour le PV et le GMQ et jusqu'à j25 pour l'ingéré et l'indice de consommation car l'ingéré n'a pas été enregistré pour la dernière période (25_35) de l'essai 1. Les performances des poulets de chair ont été analysées par ANOVA à 2 facteurs avec le groupe, l'essai et leur interaction en effets fixes, la mortalité a été analysée par le test de Kaplan-Meier. O a diminué la mortalité de 3.4 pts (T : 6.5 %, O : 3.1 %, P<0.1), augmenté le PV à j35 de 5.6 % (T : 1934 g, O : 2043 g, P<0.001) et amélioré le GMQ 0_35 de 5.7 % (T : 54.1, O : 57.2 g/oiseau/j, P<0.001). O n'a pas eu d'effet significatif sur l'ingéré mais a amélioré l'IC numériquement à j25 (0_25) : -1.9% (T : 1.565, O : 1.536, P>0.05) et significativement à j11 (0_11) : -6.5% (T : 1.447, O : 1.353, P<0.05). En conclusion, ce nouveau produit à base de parois de levure apparaît comme une solution intéressante pour améliorer les performances zootechniques des poulets de chair.

ABSTRACT

Effect of yeast cell wall supplementation on broiler performance: analysis of 3 trials.

In the context of antibiotic growth promoters' replacement, mannan-oligosaccharides (MOS) originated from yeast cell wall (YCW) and used as feed supplements in poultry diets appear interesting to promote performance and to induce positive physiological effects. The objective of this study was to investigate the effects of dietary supplementation of a new commercial YCW product on zootechnical performance of broilers raised in standard commercial conditions. Three consecutive trials were performed in a commercial farm (France) with the same experimental conditions (diet, room, temperature/humidity) during 35 days on Ross 308 males broiler chicks (trials 1 and 3) and females (trial 2) randomly allotted at day 0 into 2 groups (13 birds/pen): control (C: n = 6 pens/trial) and Optiwall (Lallemand) supplemented at 2 kg/ton feed (O: n = 7 pens/trial). The same commercial starter crumble diet (corn, wheat, soybean meal) was used for the 3 trials during the whole trial duration (35 days). Feed and water were provided ad libitum. Body weight (BW) and feed refusals were recorded at days 0, 11, 18, 25 and 35. Average daily gain (ADG), feed intake (FI) and feed conversion ratio (FCR) were calculated for each period. The number of dead birds were recorded for each group and for each trial. The combined analysis of the 3 trials was performed until d35 for BW and ADG and until d25 for FI and FCR as FI was not recorded for the last period (25_35) in trial 1. Broiler performance was analyzed by 2-way ANOVA with the group, the trial and their interaction as fixed effects, while mortality was analyzed by Kaplan-Meier test. O decreased mortality by 3.4 pts (C: 6.5%, O: 3.1%, P<0.1), increased BW at d35 by 5.6% (C: 1934 g, O: 2043 g, P<0.001) and improved ADG 0_35 by 5.7% (C: 54.1, O: 57.2 g/bird/day, P<0.001). While FI was not significantly different between the 2 groups at any time point, FCR appeared improved numerically at d25 (0_25): -1.9% (C: 1.565, O: 1.536, P>0.05) and significantly at d11 (0_11): -6.5% (C: 1.447, O: 1.353, P<0.05). In conclusion, this new YCW product appears as an interesting solution to improve zootechnical performance of broilers.

INTRODUCTION

En tant qu'alternative aux antibiotiques, les produits à base de mannanes-oligosaccharides (MOS) issus de parois cellulaires de levure ont montré des effets positifs sur les performances des volailles et sur de nombreuses voies métaboliques (Birmani, 2019 ; Chacher *et al.*, 2017 ; Ofek & Beachey, 1978 ; Spring *et al.*, 2000, 2015 ; Teng & Kim, 2018). L'objectif de cette étude était d'étudier les effets d'un nouveau produit commercial à base de parois de levure sur les performances zootechniques de poulets de chair élevés dans des conditions proches de situations commerciales standard en ce qui concerne la densité (21-25 kg/m²), la souche (Ross 308) et la litière (sciure).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Protocole expérimental

Trois essais consécutifs ont été réalisés dans une ferme commerciale (France) avec les mêmes conditions expérimentales (même aliment, même bâtiment, même conditions environnementales : T°: 30°C à j0 puis gradient de température décroissant atteignant 20°C à j27, puis 20°C jusqu'à j35; humidité relative: 60-70%) pendant 35 jours sur des poulets de chair Ross 308 mâles (essais 1 et 3) et femelles (essai 2) répartis aléatoirement à j0 en 2 groupes (13 oiseaux/parc, 1m²) : témoin (T : 6 parcs/essai) et Optiwall (Lallemand) supplémenté à 2 kg/tonne d'aliment (0.2%) (O : 7 parcs/essai). Le même aliment commercial miette démarrage (maïs, blé, tourteau de soja) a été utilisé pour les 3 essais pendant toute la durée de l'essai (35 jours). L'aliment et l'eau étaient disponibles à volonté. Les conditions expérimentales étaient proches de situations commerciales standard en ce qui concerne la densité (essai 1 : 21 kg/m², essai 2 : 25 kg/m², essai 3 : 22 kg/m²), la souche (Ross 308) et la litière (sciure).

1.2. Paramètres mesurés

Le poids vif (PV) et les refus alimentaires ont été enregistrés à J0, 11, 18, 25 et 35. Le gain quotidien moyen (GMQ), l'ingéré (I) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés pour chaque période (0_11, 11_18, 18_25, 25_35) et pour les périodes cumulées (0_18, 0_25, 0_35). Le nombre de morts a été enregistré dans chaque groupe au cours de chaque essai.

1.3. Analyses statistiques

Les performances des poulets de chair ont été analysées par ANOVA à 2 facteurs avec le groupe, l'essai et leur interaction en effets fixes, la mortalité ayant été analysée par le test de Kaplan-Meier. L'analyse combinée des 3 essais a été réalisée jusqu'à j35 pour le

PV et le GMQ et jusqu'à j25 pour l'ingéré et l'indice de consommation car l'ingéré n'a pas été enregistré pour la dernière période (25_35) de l'essai 1. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS Statistics 26.0 (IBM). Le niveau de significativité a été fixé à 5 % ($P \leq 0.05$) et les tendances statistiques ont été prises en compte pour $0.05 < P \leq 0.1$. Les données sont présentées sous forme de tableaux ou d'histogrammes avec les moyennes et écart-types pour chaque groupe. Les différences significatives et les tendances statistiques entre les 2 groupes sont indiquées dans les graphiques par des symboles (*, †) au-dessus de chaque paramètre.

2. RESULTATS

Les données de mortalité sur la période totale pour chaque essai, les données de performances par période pour chaque essai et les résultats de l'analyse combinée des 3 essais présentant les différences entre les 2 groupes (T, O) sont présentés dans le Tableau 1. Les résultats graphiques de l'analyse combinée des 3 essais pour la mortalité (fonction de survie par analyse de Kaplan-Meier), le poids vif (PV), le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC) sont présentés en Figure 1.

- O a diminué la mortalité de 3.4 pts (C: 6.5%, O: 3.1%, $P < 0.1$), cet effet étant plus prononcé dans l'essai 3 (C: 7.8%, O: 1.0%, $P < 0.05$).
- O a augmenté le PV à j35 de 5.6% (C: 1934.1, O: 2042.8 g/oiseau, $P < 0.001$), cet effet étant plus prononcé dans les essais 1 (+9.3%) et 3 (+7.6%). Cette augmentation de PV avec la supplémentation O a débuté dès j11 et s'est poursuivie jusqu'à la fin de l'essai. Une interaction significative Groupe×Essai a été notée pour le PV à j25 et j35 ($P < 0.05$): la différence de PV à ces 2 âges entre les groupes T et O était en effet significative pour les essais 1 et 3, mais non significative pour l'essai 2.
- O a amélioré le GMQ 0_35 de 5.7% (C: 54.1, O: 57.2 g/oiseau/j, $P < 0.001$), cet effet étant plus prononcé dans les essais 1 (+9.5%) et 3 (+7.7%). Cette augmentation de GMQ avec la supplémentation O a débuté dès la période de démarrage (0_11) et s'est poursuivie jusqu'à la fin de l'essai. Une interaction significative ou une tendance statistique Groupe×Essai ont été observées pour le GMQ sur les périodes 18_25 ($P < 0.01$), 25_35 ($P = 0.1$), 0_25 ($P < 0.05$) et 0_35 ($P < 0.05$): la différence de GMQ sur ces périodes entre les groupes T et O était en effet significative pour les essais 1 et 3, mais non significative pour l'essai 2.
- Aucune différence significative d'ingéré n'a été notée dans les 2 groupes à aucun temps, ni pour l'analyse combinée des 3 essais, ni pour chacun des essais séparément, excepté une augmentation de +9.2% de l'ingéré sur la

période 11_18 pour le groupe O, en comparaison au groupe T, pour l'essai 3 uniquement (Groupe×Essai : $P<0.05$).

- L'IC a été amélioré significativement à j11 (0_11): -6.5% (C: 1.447, O: 1.353, $P<0.05$) avec la supplémentation O. Une tendance statistique Groupe×Essai a été notée pour le GMQ sur la période de démarrage 0_11 ($P=0.1$): la différence d'IC sur cette période entre les groupes T et O était en effet significative pour les essais 1 et 3, mais non significative pour l'essai 2.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Par l'analyse de ces 3 essais, il a été démontré que la supplémentation dans l'alimentation des poulets de chair de ce nouveau produit à base de parois de levure, dont l'épaisseur de la paroi lui confère une richesse en β -glucans, permet une diminution de la mortalité (-3.4 pts), une augmentation du PV (j35 : +5.6%) et une amélioration du GMQ (0_35 : 5.7%), sans dégradation de l'indice. Celui-ci a même été amélioré sur la période de démarrage (0_11 : -6.5%). Ce nouveau produit à base de parois de levure apparaît ainsi comme une solution intéressante pour améliorer les performances zootechniques des poulets de chair. Les données de mortalité étaient conformes avec les valeurs de mortalité standard (aux alentours de 5%). Les performances des oiseaux dans les essais 1 et 3 étaient relativement basses, en comparaison avec les valeurs de la génétique Ross 308 mâles, 2019 (PV j35 : 2065g et 1925g, respectivement vs 2376g), probablement liées au PV initial (j0) plus faible que les oiseaux de l'essai 2. Les oiseaux suivis dans les essais 1 et 3 provenaient en effet d'un lot de parentaux plus jeunes que ceux de l'essai 2, et il a été démontré précédemment que le PV des œufs et des poussins, ainsi que leur gain de poids, étaient positivement corrélés à l'âge des parentaux (da Silva *et al.*, 2021 ; Hartmann *et al.*, 2003 ; Iqbal *et al.*, 2017 ; Pinchasov, 1991 ; Shalev & Pasternak, 2003 ; Tufft & Jensen, 1991 ; Zoccarato *et al.*, 2004). L'aliment miette démarrage, utilisé dans les 3 essais pour gérer les petites quantités requises, peut aussi expliquer ces performances non optimales par rapport aux valeurs de la génétique. En comparaison, les performances des oiseaux de l'essai 2 étaient davantage en ligne avec les valeurs de la génétique Ross 308 femelles, 2019 (PV j35 : 2020g vs 2093g), probablement liées au PV initial plus élevé de ces poussins provenant d'un groupe de parentaux plus âgés que ceux des essais 1 et 3. D'un point de vue méthodologique, davantage de différences ont ainsi été observées entre les 2 groupes (T, O) pour les oiseaux des essais 1 et 3 (PV initial plus faible que la valeur de la génétique Ross 308: 38.3g et 35.9g, respectivement vs 43g) par comparaison à ceux de l'essai 2 (PV initial plus élevé que la valeur de la génétique Ross 308: 45.5g vs 43g) (cf. interactions significatives Groupe×Essai). Il apparaît donc que

l'âge des parentaux a joué un effet important dans l'observation des différences entre groupes lors de ces essais expérimentaux.

En tant qu'alternative aux antibiotiques, les produits à base de mannanes-oligosaccharides (MOS) issus de parois cellulaires de levure ont montré des effets positifs sur les performances des volailles et sur de nombreuses voies métaboliques. L'effet des MOS en volaille a été analysé au cours de plusieurs méta-analyses (Hooge, 2004 ; Rosen, 2007 ; Spring *et al.*, 2015), qui ont démontré une amélioration de la santé intestinale, associée à une stimulation du système immunitaire et des défenses antioxydantes, une capacité d'adhésion aux bactéries pathogènes et une modulation du microbiote, de la structure de l'épithélium intestinal et de la fonction digestive, se traduisant par une amélioration des performances zootechniques (Birmani, 2019 ; Chacher *et al.*, 2017 ; Ofek & Beachey, 1978 ; Spring *et al.*, 2000, 2015 ; Teng & Kim, 2018). Les publications antérieures mettent en évidence une augmentation de croissance comprise entre 1.5% et 3.3% et une réduction de l'indice comprise entre 1.8% et 2.2% pour les poulets supplémentés avec différents produits issus de parois cellulaires de levure (Hooge, 2004 ; Hooge *et al.*, 2013 ; Rosen, 2007). Les MOS ayant un effet de stimulation de l'immunité chez les poulets (Teng & Kim, 2018), les performances pourraient être dégradées par dérivation des nutriments vers les mécanismes immunitaires plutôt que vers la croissance (Dadfar *et al.*, 2023 ; Niu *et al.*, 2022 ; Zerjal *et al.*, 2021). En considérant le niveau moyen de supplémentation dans l'aliment des MOS (0.05-0.1%), une inclusion supérieure (0.3% vs 0.2% dans la présente étude) a en effet impacté négativement les performances : -0.08% de PV final et +1.3 pts de mortalité (Tucker *et al.*, 2003), ou de manière positive mais dans une moindre mesure que la présente étude (PV j35 : +5.6%) : +1.98% (Shafey *et al.*, 2001) ou +4.26% (Kumprecht *et al.*, 1997) de PV final. Contrairement à la présente étude, une amélioration de l'indice final avec une incorporation de MOS à 0.3% a été observée dans ces études : -0.8% (Tucker *et al.*, 2003), -1.1% (Shafey *et al.*, 2001), -4.39% (Kumprecht *et al.*, 1997). Dans une étude dose-réponse avec 3 doses de MOS (0.05%, 0.1% et 0.2%) pendant 6 semaines, les 3 doses testées n'étaient pas différentes des témoins négatif et positif (Zinc Bacitracine) pour le gain de poids et l'indice (Yang *et al.*, 2007). Dans une méta-analyse de 32 publications comparant un MOS commercial à un témoin négatif (gamme de doses : 0.012-0.5%), les auteurs concluent à un effet nul de ce produit sur l'ingéré à 0.188% avec des réductions au-dessous et des augmentations au-dessus de cette dose, une amélioration de gain de poids jusqu'à 0.16% et une amélioration de l'indice jusqu'à 0.217% (Rosen, 2007). Dans une autre étude avec un MOS commercial (0.2%), le gain de poids et l'indice n'étaient pas améliorés par rapport au groupe témoin (Yitbarek *et al.*, 2012), alors qu'une dose réponse croissante a été

observée seulement pour le PV (et non pour l'ingéré, l'indice et la mortalité) chez des poulets supplémentés pendant 4 semaines à 0.1% ou 0.2% de MOS (Kim *et al.*, 2011). Des doses plus élevées de MOS (0.3% et 0.5%) ont été testées dans une autre étude pendant 42 jours, soulignant une amélioration du PV (+4.5% et +10.5%) et de l'indice (-3.2% et -4.3%) pour 0.3% et 0.5% de MOS, respectivement (Rokade *et al.*, 2018). Cependant, peu d'études ont été réalisées à des doses supra-commerciales ($\geq 0.2\%$), rendant difficile l'élaboration de conclusions définitives quant à la comparaison des performances obtenues dans la présente étude avec celles obtenues avec d'autres produits à base de MOS issus de parois cellulaires de levures. De récentes revues scientifiques compilant l'effet des MOS sur la modulation immunitaire et la santé intestinale ont été publiées en volaille et chez les animaux monogastriques. Il a été démontré que les MOS peuvent moduler la réponse immunitaire humorale, mucoale et cellulaire. Ces produits ont des propriétés immunomodulatrices distinctes liées à leur structure et composition, en stimulant différentes voies

métaboliques et immunitaires, et en augmentant *in fine* la résistance des animaux aux infections (Raza *et al.*, 2017 ; Rawling *et al.*, 2023 ; Saeed *et al.*, 2017 ; Swiatkiewicz *et al.*, 2014 ; Tiwari *et al.*, 2020). Compte tenu de l'importante connaissance des produits de type MOS sur la modulation immunitaire, le microbiote digestif et les biomarqueurs liés à l'immunité, à la santé digestive et à l'intégrité intestinale, de futures investigations mériteraient d'être conduites afin de déterminer le rôle de ce nouveau produit dans les différentes voies métaboliques et immunitaires chez les poulets de chair. Deux études complémentaires à dose commerciale (0.1%) ont par ailleurs souligné l'impact positif de ce produit sur les performances et la survie des poulets soumis à un stress thermique combiné à un challenge *E. coli* (Dhara *et al.*, 2022) et sur les performances, la morphologie intestinale, le poids des organes immunitaires, la composition et la qualité de la viande et les paramètres liés au bien-être des animaux (Giannenas *et al.*, 2022).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

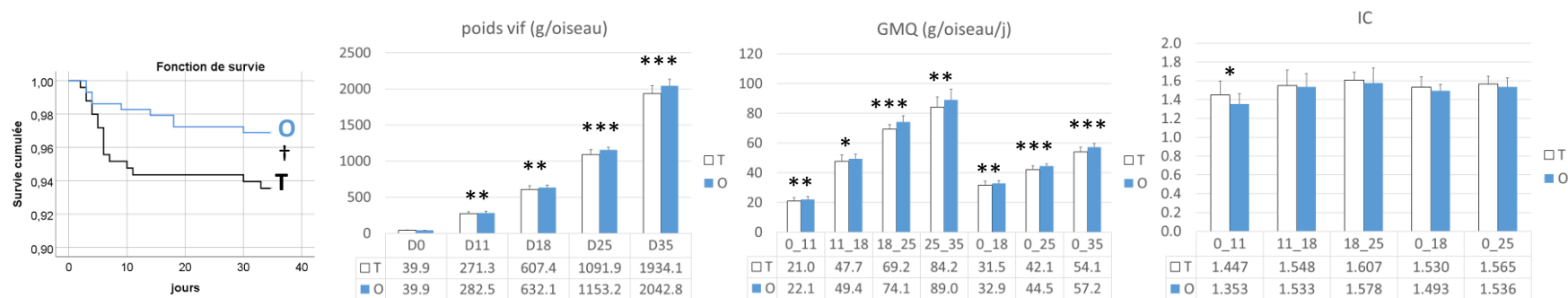
- Birmani M.W., 2019. EC Veterinary Science RCO.01, 20-22
 Chacher M.F.A., Kamran Z., 2017. World's Poult. Sci. J., (73), 1-14
 Da Silva C.S., Molenaar R., 2021. Poult. Sci., (100), 100953
 Dadfar M.J., Torshizi R.V. Poult. Sci., (102), 102703
 Demey V., Barbé F., 2019. In 22nd European Symposium on Poultry Nutrition, poster. Gdansk, Poland.
 Dhara A.K., Demey V., 2022. In 7th Mediterranean Poultry Summit, poster. Cordoba, Spain.
 Giannenas I., Vasilopoulos S., 2022. In 26th World Poultry Congress, poster. Paris, France.
 Hartmann C., Johansson K., 2003. Poult. Sci., (82), 1-8
 Hooge D.M., 2004. Int. J. Poult. Sci., (3), 163-174
 Hooge D.M., Kiers A., 2013. Int. J. Poult. Sci., (12), 1-8
 Iqbal J., Mukhtar N., 2017. J. Appl. Poult. Res., (26), 183-191
 Kim G.B., Seo Y.M., 2011. Poult. Sci., (90), 75-82
 Kumprecht I., Zobac P., 1997. Poult. Sci., (76), 132
 Niu X., Ding Y., 2022. Animals, (12), 909
 Ofek I., Beachey E.H., 1978. Infection and Immunity, (22), 247-254
 Pinchasov Y., 1991. British Poult. Sci., (32), 109-115
 Rawling M., Schiavone M., 2023. Front. Immunol., (14), 1158390
 Raza M., Kumari A., 2017. Int. J. Sci. Env. Technol., (6), 1581-1586
 Rokade J.J., Kagate M., 2018. Indian J. Anim. Res., (52), 868-874
 Rosen G.D., 2007. British Poult. Sci., (48), 21-26
 Saeed M., Ahmad F., 2017. J. World's Poult. Res., (7), 94-103
 Shafey T.M., Al-Mufarej S., 2001. Asian-Aust. J. Anim. Sci, (14), 559-563
 Shalev B.A., Pasternak H., 1993. British Poult. Sci., (34), 915-924
 Spring P., Wenk C., 2000. Poult. Sci., (79), 205-211
 Spring P., Wenk C., 2015. J. Appl. Poult. Res., (3), 1-11
 Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A., 2014. World's Poult. Sci. J., (70), 57-68
 Teng P.Y., Kim W.K., 2018. Front. Vet. Sci., (5), 245
 Tiwari U.P., Fleming S.A., 2020. J. Nutri. Sci., (9), 1-9
 Tucker L.A., Esteve-Garcia E., 2003. In 14th European Symposium on Poultry Nutrition. Lillehammer, Norway.
 Tufft L.S., Jensen L.S., 1991. Poult. Sci., (70), 2411-2418
 Yang Y., Iji P.A., 2007. Asian-Aust. J. Anim. Sci, (20), 1084-1091
 Yitbarek A., Echeverry H., 2012. Poult. Sci., (91), 1105-1112
 Zerjal T., Härtle S., 2021. Genet. Sel. Evol., (53), 44
 Zoccarato I., Guo K., 2004. Ital. J. Anim. Sci, (3), 7-17

Tableau 1. Mortalité, poids vif, gain moyen quotidien, ingéré et indice de consommation par période, par essai et pour l'analyse combinée des 3 essais pour chacun des 3 groupes (T, O)

Paramètre – moyenne (écart-type)	Jour ou période	ESSAI 1		ESSAI 2		ESSAI 3		ANALYSE COMBINÉE		Valeur p		
		T	O	T	O	T	O	T	O	Groupe	Essai	Groupe × Essai
Mortalité (%)	0_35	4/80 = 5.0%	5/93 = 5.4%	5/78 = 6.4%	3/91 = 3.3%	7/90 = 7.8%	1/105 = 1.0%	16/248 = 6.5%	9/289 = 3.1%	0.066	-	-
Poids vif (PV, g/oiseau)	0	38.5 (1.1)	38.4 (0.8)	45.5 (1.0)	45.3 (0.7)	35.7 (0.6)	36.2 (0.7)	39.9 (4.3)	39.9 (4.0)	0.886	<0.001	0.465
	11	273.0 (16.7)	283.5 (12.5)	301.5 (11.0)	305.6 (14.2)	239.5 (8.9)	258.4 (11.0)	271.3 (28.7)	282.5 (23.1)	0.010	<0.001	0.342
	18	596.1 (42.5)	624.7 (28.0)	666.6 (22.9)	671.2 (22.1)	559.6 (21.5)	600.3 (22.2)	607.4 (54.0)	632.1 (37.9)	0.008	<0.001	0.245
	25	a 1070.1 (71.7)	b 1161.6 (29.6)	1160.7 (33.3)	1163.1 (24.2)	a 1044.8 (37.8)	b 1134.9 (49.2)	1091.9 (69.9)	1153.2 (36.6)	<0.001	0.001	0.019
	35	a 1950.5 (155.7)	b 2132.7 (77.0)	2003.9 (34.0)	2007.3 (39.2)	a 1848.0 (43.4)	b 1988.5 (71.1)	1934.1 (111.6)	2042.8 (89.8)	<0.001	0.001	0.020
Gain moyen quotidien total (GMQ, g/oiseau/j)	0_11	21.3 (1.5)	22.3 (1.1)	23.3 (1.1)	23.7 (1.3)	18.5 (0.8)	20.2 (1.0)	21.0 (2.3)	22.1 (1.8)	0.009	<0.001	0.370
	11_18	46.2 (3.9)	48.7 (2.6)	52.2 (2.3)	52.2 (1.6)	44.8 (1.9)	47.3 (2.9)	47.7 (4.2)	49.4 (3.1)	0.047	<0.001	0.385
	18_25	a 67.7 (4.4)	b 76.7 (3.6)	70.6 (2.1)	70.3 (1.3)	a 69.3 (2.9)	b 75.3 (4.4)	69.2 (3.3)	74.1 (4.3)	<0.001	0.287	0.004
	25_35	a 88.0 (9.6)	b 97.1 (5.3)	84.3 (2.6)	84.4 (3.0)	A 80.3 (4.2)	B 85.4 (4.3)	84.2 (6.7)	89.0 (7.2)	0.008	<0.001	0.111
	0_18	31.0 (2.3)	32.6 (1.5)	34.5 (1.3)	34.8 (1.2)	29.1 (1.2)	31.3 (1.2)	31.5 (2.8)	32.9 (1.9)	0.008	<0.001	0.252
	0_25	a 41.3 (2.8)	b 44.9 (1.2)	44.6 (1.3)	44.7 (1.0)	a 40.4 (1.5)	b 43.9 (2.0)	42.1 (2.7)	44.5 (1.4)	<0.001	0.003	0.019
	0_35	a 54.6 (4.4)	b 59.8 (2.2)	56.0 (1.0)	56.1 (1.1)	a 51.8 (1.2)	b 55.8 (2.0)	54.1 (3.1)	57.2 (2.6)	<0.001	0.002	0.020
Ingéré (I, g/oiseau/j)	0_11	29.8 (2.2)	28.6 (2.3)	31.6 (2.7)	33.0 (1.2)	26.3 (3.9)	26.8 (1.7)	29.2 (3.6)	29.5 (3.2)	0.758	<0.001	0.383
	11_18	69.1 (3.7)	72.7 (6.9)	81.6 (3.0)	78.0 (3.4)	a 60.8 (2.1)	b 66.4 (2.7)	70.5 (9.2)	72.3 (6.6)	0.162	<0.001	0.017
	18_25	111.3 (7.9)	123.1 (22.6)	115.6 (5.6)	111.3 (1.6)	106.6 (6.0)	112.9 (4.2)	111.2 (7.3)	115.8 (13.7)	0.194	0.232	0.172
	0_18	44.6 (2.0)	45.2 (4.0)	50.6 (2.6)	50.3 (1.7)	38.3 (2.3)	40.2 (1.5)	44.5 (5.6)	45.3 (4.9)	0.344	<0.001	0.549
	0_25	62.2 (3.2)	65.6 (8.7)	68.5 (3.5)	67.2 (1.5)	55.9 (2.4)	58.2 (2.1)	62.2 (6.1)	63.7 (6.4)	0.297	<0.001	0.377
Indice de consommation (IC)	0_11	a 1.446 (0.220)	b 1.305 (0.065)	1.391 (0.075)	1.421 (0.129)	a 1.505 (0.115)	b 1.334 (0.100)	1.447 (0.149)	1.353 (0.109)	0.026	0.665	0.107
	11_18	1.697 (0.097)	1.680 (0.134)	1.587 (0.081)	1.515 (0.037)	1.362 (0.086)	1.405 (0.053)	1.548 (0.166)	1.533 (0.142)	0.592	<0.001	0.255
	18_25	1.643 (0.045)	1.647 (0.265)	1.640 (0.110)	1.584 (0.020)	1.538 (0.041)	1.501 (0.051)	1.607 (0.085)	1.578 (0.160)	0.472	0.042	0.827
	0_18	1.581 (0.138)	1.509 (0.098)	1.505 (0.064)	1.475 (0.061)	1.506 (0.114)	1.497 (0.046)	1.530 (0.109)	1.493 (0.069)	0.213	0.278	0.669
	0_25	1.609 (0.092)	1.574 (0.160)	1.564 (0.074)	1.522 (0.030)	1.521 (0.068)	1.510 (0.026)	1.565 (0.083)	1.536 (0.095)	0.308	0.099	0.899

a, b: $p < 0.05$; A, B: $p < 0.1$, pour les essais présentant des différences significatives entre les 2 groupes dans le cas d'une interaction Groupe×Essai significative/tendance stat.

Figure 1. Résultats de l'analyse combinée pour la mortalité (fonction de survie), le poids vif (PV), le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC)



† $P < 0.1$, * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$