

UN EXTRAIT DE PLANTES ET UN PREBIOTIQUE SONT AUSSI EFFICACES QUE L'AVILAMYCINE POUR AMELIORER LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

Catalá-Gregori Pablo¹, Mallet Serge², Travel Angélique³, Lessire Michel²

¹UNIVERSIDAD DE MURCIA - Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria - 30071 MURCIA (ESPAGNE),

²INRA – UR83 Recherches Avicoles - 37380 NOUZILLY,

³ITAVI - UR83 Recherches Avicoles - 37380 NOUZILLY

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'Unité Mixte Technologique BIRD (Biologie et Innovation pour la Recherche et le Développement en aviculture)

RÉSUMÉ

L'objectif de cette expérimentation a été d'évaluer les effets d'un fructooligosaccharide à courte chaîne (scFOS) produit à partir du saccharose (PROFEED®), et d'un extrait végétal (XTRACT™) sur les performances de poulets de chair jusqu'à l'âge de 36 jours. Ont également été étudiés: l'histomorphométrie de l'iléon, les populations de bactéries anaérobies sulfite-réductrices intestinales, le pH du tractus digestif, les acides gras volatils caecaux et la qualité des litières. Cinq aliments expérimentaux ont été testés : scFOS 600 ppm (P); extraits végétaux 100 ppm (X); P/X 600/100 ppm (XPH); P/X 450/75 ppm (XPM); P/X 300/50 ppm (XPB), et comparés à un témoin négatif (C) et à un témoin positif contenant 10 ppm d'avilamycine (AV).

Comparé à l'aliment C, l'avilamycine améliore les performances des poulets à toutes les périodes de l'essai alors que les effets bénéfiques de l'extrait de plantes et du prébiotique utilisés seuls apparaissent à la fin de l'élevage (J22 à J36). A J36, les poulets ayant reçu les aliments AV, P ou X sont plus lourds que ceux ayant reçu l'aliment C. Sur la durée totale de l'élevage, ils ont également un meilleur indice de consommation. Quand les deux additifs sont mélangés, de J1 à J36, les aliments XPM ou XPB améliorent le gain de poids comme l'avilamycine, mais seul l'aliment XPB améliore l'indice de consommation comparé à l'aliment C. Avec le mélange au plus fort dosage (XPH), les performances des poulets ne sont pas améliorées suggérant un effet antagoniste des deux additifs. Aucun effet significatif n'est observé sur le reste des paramètres étudiés quel que soit l'aliment testé.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of a short chain fructo-oligosaccharide (scFOS) produced from beet sugar (PROFEED®), and a plant extract (XTRACT™), on broiler performance up to 36d. Ileal histomorphometry, anaerobic sulphite-reducing bacteria count, intestinal and caecal pH, caecal volatile fatty acids production and litter score were also evaluated. Five supplemented diets were tested: scFOS 600 ppm (P); plant extract 100 ppm (X); P/X 600/100 ppm (XPH); P/X 450/75 ppm (XPM); P/X 300/50 ppm (XPB), and compared to a negative control (C) and a positive control: avilamycin 10 ppm (AV).

Compared to C, avilamycin improved broiler performance throughout the experiment while the effects of plant extract and prebiotic employed alone were noticeable during the finisher period (from 22 to 36d). At 36 d of age, broilers fed AV, P or X were heavier than those fed C. Throughout the trial, the same broilers had a better feed conversion ratio (FCR). When the two additives were mixed, from 1 to 36 d of age, XPM or XPB improved the body weight gain as AV did, but only XPB improved FCR compared to C. With the higher mixture dose (XPH), no broiler performance improvement was observed suggesting an antagonistic effect of the two additives. No statistical effect was observed in any treatment for the other parameters measured.

INTRODUCTION

Bien que la possible relation entre des microorganismes résistants sélectionnés par l'emploi d'antibiotiques facteurs de croissance (AFC) chez les volailles et des infections résistantes aux antibiotiques chez les humains ne soit pas prouvée (Dibner and Richards, 2005), l'Union Européenne, par principe de précaution, a interdit l'emploi des antibiotiques comme promoteurs de la croissance depuis le 1^{er} Janvier 2006. Il est donc nécessaire de proposer aux producteurs des alternatives aux AFC dans le but de maintenir la santé animale, la productivité et la sécurité des aliments.

Les extraits de plantes et les prébiotiques qui ont déjà montré leur capacité à modifier le microbiote intestinal (Xu et al., 2003 ; Hernández et al., 2004) pourraient être considérés comme des alternatives potentielles aux AFC. L'activité antimicrobienne de certains extraits végétaux a déjà été notée (Hernández et al., 2004). Des prébiotiques comme les fructo-oligosaccharides (FOS), sont des oligosaccharides non digestibles et non absorbables dont les liaisons β entre les monomères de fructose ne peuvent pas être hydrolysées par les enzymes digestives endogènes des volailles. Les FOS sont disponibles comme substrat pour des bactéries intestinales bénéfiques (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus*) et peuvent ainsi contrôler les populations de pathogènes potentiels (*Escherichia coli*, *Salmonella*) par exclusion compétitive (Xu et al., 2003).

Associer ces deux catégories d'additifs de mode d'action différent (des extraits végétaux à propriétés antimicrobiennes et un FOS susceptible de favoriser des bactéries potentiellement bénéfiques pour l'équilibre du microbiote entérique), pourrait représenter une approche intéressante. Cependant, aucune étude disponible sur le poulet de chair ne permet d'évaluer l'effet de l'addition de combinaisons de prébiotiques et d'extraits de plantes dans la ration alimentaire.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer, comme alternative aux AFC, l'effet d'un prébiotique et d'un extrait de plantes, seuls ou en association, sur les performances du poulet de chair ainsi que sur plusieurs paramètres permettant d'apprécier leur effet sur le fonctionnement du tube digestif : histomorphométrie de l'iléon, populations de bactéries anaérobies sulfite-réductrices intestinales (ASR), pH du tractus digestif, acides gras volatils (AGV) caecaux et qualité des litières.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et élevage

Pour cette étude, 3780 poulets mâles Ross PM3 sont élevés au sol sur litière de copeaux de bois de J1 à J36 dans des conditions standard de température, d'éclairage et d'abreuvement. Les

animaux sont distribués de façon aléatoire (45 poulets/case) dans 84 cases (3x1m) placées dans 2 salles adjacentes (42 cases/salle) d'un même bâtiment expérimental.

1.2. Aliments et additifs

Les poulets reçoivent un aliment composé principalement de maïs, blé et soja dont les caractéristiques (tableau 1) correspondent aux besoins des animaux aux différentes périodes de leur croissance : démarrage (J1-J10), croissance (J11-J21) et finition (J22-J36).

Tableau 1. Caractéristiques calculées moyennes des différents aliments expérimentaux (EM : Energie Métabolisable, MAT : Matières Azotées Totales, AAS : Acides Aminés Soufrés).

	Dém.	Croiss.	Finition
EM (Kcal/kg)	3000	3050	3100
MAT (g/kg)	220	210	200
Lysine (g/kg)	12,5	11,5	11
A.A.S. (g/kg)	9,5	9	8,7

Cinq aliments expérimentaux, en granulés de 2,5mm offerts *ad libitum*, ont été testés : FOS 600 ppm (P); extrait végétal 100 ppm (X); P/X 600/100 ppm (XPH); P/X 450/75 ppm (XPM); P/X 300/50 ppm (XPB), et comparés à un témoin négatif (C) et un témoin positif contenant 10 ppm d'avilamycine (AV). Les aliments ont été fabriqués dans le moulin expérimental de l'INRA avec le même lot de matières premières. L'analyse de la composition de l'aliment (MAT, lipides, cendres) n'a pas montré de différences entre les lots expérimentaux. Pour chacun des deux additifs (FOS et extrait végétal) un prémélange à 1% a été réalisé sur base maïs et incorporé dans chaque lot au pourcentage voulu au détriment du maïs de la ration. La dose d'additifs présente dans les granulés a été contrôlée conforme à la dose attendue. Chacun des 7 traitements comprend 540 poulets répartis en 12 parquets de 45 animaux (6 parquets dans chaque salle). L'extrait végétal (XTRACTTM) est un mélange de carvacrol (5,44 %), de cinnamaldehyde (3,25 %) et d'oléorésine de *Capsicum* standardisée (1,93 %). Le FOS (PROFEED[®]) est un fructo-oligosaccharide à courte chaîne (scFOS) produit à partir du sucre de betterave par biosynthèse enzymatique.

1.3. Performances

Le poids individuel des poulets est mesuré à J1, J11, J21 et J36 pour calculer le gain de poids (GP). La consommation d'aliment est mesurée par case et l'indice de consommation (IC) est calculé pour les périodes J1-J11, J12-J21, J22-J36 et J1-J36.

1.4. pH du tractus digestif, acides gras volatils caecaux et histomorphométrie de l'iléon

À J28, 12 poulets par traitement (un par case) sont sacrifiés par injection de pentobarbital de sodium et l'intestin est prélevé. Les contenus de l'intestin

(pool de duodénum, jéjunum, iléon et colon) d'une part et des 2 caeca d'autre part sont récupérés et le pH mesuré immédiatement. Les contenus caecaux sont ensuite conservés (-20 °C) pour mesurer les AGV par chromatographie en phase gazeuse selon la méthode décrite par Spiller (1980). Pour l'histomorphométrie, un segment (1,5 cm) est coupé sur l'iléon à égale distance du diverticule de meckel et des caeca, ouvert du côté opposé au mésentère et lavé 3 fois avec une solution de NaCl 0,9 % pour éliminer les restes de contenu intestinal. Les portions propres sont fixées dans une solution de formol tamponné à 10 % pendant 8 h puis lavées 3 fois et conservées à +4 °C dans une solution d'éthanol 70 %. Une portion de 0,5 cm² de chaque échantillon est ensuite colorée par la méthode Feulgen avec le réactif de Schiff. Après dissection à l'aide d'une loupe binoculaire, 10 villosités et 20 cryptes sont alors mesurées (hauteur et la largeur des villosités, profondeur et largeur des cryptes) à l'aide du logiciel d'analyse d'images Visilog 6.3 Viewer Lite. La surface des villosités et des cryptes est ensuite calculée.

1.5. Anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

À J26 et J34, des échantillons de fientes cloacales sont prélevés pour réaliser le comptage des ASR. Pour chaque traitement, 6 pools fécaux, réalisés chacun à partir des fientes de 10 poulets prélevés dans 2 cases (5 poulets par case) sont analysés. Des dilutions au 1/10 sont immédiatement réalisées dans de l'eau peptonée tamponnée et des aliquotes de 1 mL sont ensemencés en profondeur sur des boîtes de pétri contenant du milieu Agar Triptose Cyclosérine. Les plaques sont incubées à 37 °C pendant 20 h en anaérobiose à l'aide du système BBL™ GasPak™. Les colonies noires sont identifiées comme étant des ASR et les résultats des comptages sont transformés par la fonction log 10 avant l'analyse statistique.

1.6. Qualité des litières

À J33, un score global par case est donné par 3 opérateurs en attribuant visuellement un pourcentage de la surface de chaque case à 5 niveaux suivant le degré d'humidité et l'état de la litière.

1.7. Analyse statistique

Les données sont analysées à l'aide du logiciel Statview 5®. Les différences significatives entre les groupes expérimentaux sont déterminées par analyse de variance et les moyennes comparées par le test de Fisher ($p \leq 0,05$).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Au cours de cette expérience, l'avilamycine (AV) utilisée comme témoin positif a amélioré de 1,7% le poids à j36 ($p < 0,001$), et de 1,8% l'indice de

consommation pour la période 1-36j ($0,05 < p < 0,01$) comparé au contrôle négatif (C). L'effet des additifs testés est différent selon l'âge des animaux (Tableau 2).

Pendant la période de démarrage (J1-J11), le gain de poids de tous les groupes expérimentaux est inférieur à celui de C et de AV qui ne sont pas différents. Pour la période de croissance (J12-J21), le meilleur gain de poids est observé pour le groupe AV (594g ; $p < 0,001$). Le gain de poids de tous les groupes expérimentaux n'est pas différent de celui de C, sauf pour XPH qui reste le plus faible (572g ; $p < 0,001$). Pendant la période de finition (J22-J36), avec AV, X, P, XPM et XPB les poulets ont gagné significativement plus de poids qu'avec C et XPH ($p < 0,001$), et le gain de poids de P est même significativement supérieur à celui de AV et XPB. A J36, ceci se traduit par un poids des animaux supérieur au contrôle (C) et similaire au lot AV pour les deux additifs utilisés seuls (P et X). Pour les associations, avec la plus forte dose (XPH) on obtient un poids des poulets similaire à celui de C, et les deux autres doses (XPM et XPB) aboutissent à un poids intermédiaire des poulets qui ne diffère ni de celui de C ni de celui de AV.

Pendant les périodes démarrage et croissance, seule l'avilamycine améliore l'indice de consommation comparé au contrôle ($p < 0,001$).

Pendant la période de finition, aucune différence n'est notée entre les traitements. En considérant la période complète d'expérimentation (J1-J36), l'indice de consommation obtenu avec les aliments AV, X, P et XPB tend à être amélioré ($0,05 < p < 0,01$) mais celui de XPH et XPM n'est pas différent de celui de C.

Quel que soit l'aliment testé, aucun effet significatif n'a été observé sur le reste des paramètres contrôlés (Tableau 3): histomorphométrie de l'iléon, les populations intestinales d'ASR, le pH du tractus digestif, les AGV caecaux et la qualité des litières. Le mécanisme d'action des additifs testés est certainement multifactoriel. L'effet est certainement réparti sur différents paramètres physiologiques et l'échantillon prélevé n'a pas permis de les mettre en évidence à l'aide des paramètres étudiés. Des techniques plus fines d'étude de la composition du microbiote pourraient s'avérer plus appropriées pour de futures études.

Les AFC se montrent généralement plus efficaces sur des animaux sous une pression microbiologique plus forte et leur effet sur les performances est plus faible dans des systèmes de production ayant un haut niveau d'hygiène (Thomke and Elwiger, 1998). Afin de valider notre modèle, nous avons utilisé un additif bien connu (l'avilamycine) comme contrôle positif. Dans notre expérience, malgré un indice de consommation amélioré, le gain de poids des poulets de 11 jours nourris avec AV n'a pas été différents de ceux des animaux témoins (C), cela

suggère que le niveau de stress microbiologique était bas jusqu'à J11 et que les conditions étaient optimales. Par la suite, alors que les animaux, plus âgés, étaient peut-être plus stressés à cause du manque d'espace (5, 12 et 29 Kg/m² respectivement à J11, J22 et J36) et de la dégradation des litières, l'effet de l'avilamycine, utilisé comme témoin positif, a été du même ordre que dans des conditions d'élevage de terrain avec une amélioration des performances d'environ 2 % comparé au groupe C. On peut donc supposer que les résultats obtenus avec les aliments expérimentaux peuvent être validés en ce qui concerne leur évaluation comme alternatives aux AFC.

Avec le même mélange d'extraits végétaux, Jamroz et Kamel (2002) et Jamroz et al. (2003) ont publié des améliorations significatives des performances du poulet de chair avec 150-300 ppm alors qu'avec 200 ppm, Hernández et al. (2004) n'ont pas trouvé d'effet promoteur de la croissance. Pour ce dernier essai, on peut supposer que les hautes conditions d'hygiène trop éloignées des conditions de production de terrain peuvent avoir diminué la réponse des animaux. Dans notre étude, les extraits végétaux ont amélioré le gain de poids de la même façon que l'AV à la fin de la période expérimentale, lorsque les poulets étaient peut-être soumis à une pression sanitaire plus forte, confirmant le fait que ces additifs sont plus efficaces dans des conditions d'élevage moins favorables. En effet, dans les parquets de 3 m², la combinaison du confinement des animaux, l'encombrement des abreuvoirs et de la mangeoire, le nombre croissant de kg/m² et la dégradation progressive des litières, aboutissent à augmenter la pression sanitaire surtout en période de finition. De façon surprenante, à J11 un gain de poids plus faible a été observé pour les lots contenant les extraits de plantes et/ou le prébiotique en comparaison aux groupes AV et C, présentant aussi un indice de consommation moins bon que AV, mais pas différent de C. Pendant la même période, aucune modification significative de la consommation n'a pas été observée, mais des résultats numériquement inférieurs ont été obtenus pour tous les lots en comparaison avec C. Toujours avec le même additif, Hernández et al. (2004) n'ont pas trouvé de différences significatives sur la consommation des poulets mâles entre 7 et 42 jours, seule une légère détérioration non significative a pu être observée en comparaison avec le groupe contrôle (140,4 vs 143,1 g/j), et aussi pour l'indice de consommation sur la même période (1,68 vs 1,72 g/g). De même, Jamroz et al. (2005) ont testé 100 ppm d'XTRACT™ sur des poulets et ont trouvé un meilleur indice de consommation et un poids similaire, indiquant donc une consommation inférieure pour le groupe supplémenté avec l'extrait de plantes en comparaison avec le contrôle.

Le traitement P est un scFOS issu de la betterave sucrière employé pour son effet prébiotique. Wu et al. (1999) ont noté une amélioration du poids et de l'indice de consommation de poulets avec incorporation de 0,25-0,5 % de FOS, en comparaison avec le groupe non supplémenté, et Xu et al. (2003) ont signalé des améliorations similaires avec l'incorporation de 0,4 % de FOS. Cependant, aucun contrôle positif contenant un AFC n'était inclus dans ces études. Nos résultats montrent un effet significatif avec une dose de FOS beaucoup plus faible (0,06 %). Comme pour l'extrait de plantes, le FOS a été plus efficace à la fin de l'expérience lorsque la qualité des litières se détériorait.

Vers la fin de l'essai, les performances des poulets nourris avec le mélange à la plus haute dose de X et P (XPH) n'étaient pas différentes de celles du groupe témoin. Il semble que 600 ppm du prébiotique associé à 100 ppm de l'extrait de plantes ont eu un effet antagoniste qui a inhibé leur effet bénéfique sur les performances. Comme le principal effet de ces produits est lié au contrôle du microbiote intestinal (Xu et al., 2003 ; Hernández et al., 2004), d'autres recherches sont nécessaires pour identifier les microorganismes impliqués afin de mieux comprendre cet effet antagoniste. Dans des essais qui évaluent les performances des poulets de chair, un effet antagoniste entre FOS et la bacitracine avait été suggéré (Waldroup et al., 1993). A l'inverse, pour les dosages plus faibles de X et P (XPM et XPB), un effet additif a été montré, avec des performances similaires à celles obtenus avec les additifs X ou P seuls.

CONCLUSION

100 ppm de l'extrait de plantes testé ou 600 ppm du FOS testé ont amélioré à J36 les performances zootechniques du poulet de chair dans la même mesure que l'avilamycine. Lorsque les produits ont été mélangés, un effet positif est montré pour les doses les plus basses (XPM et XPB) comparé à C et un effet antagoniste pour la dose la plus haute (XPH).

Ces résultats montrent qu'XTRACT™ et PROFEED® peuvent être considérés comme des alternatives aux AFC pour des poulets de chair, surtout en période de finition. Cependant d'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les mécanismes impliqués.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dibner, J.J., Richards, J.D., 2005. *Poult. Sci.* (84), 634-643
- Hernández, F., Madrid, J., García, V., Orengo, J., Megías, M.D., 2004. *Poult. Sci.*, (83), 169-174
- Jamroz, D., Kamel C., 2002. *J. Anim. Sci.*, (80) (Suppl.1), 4. (Abstr.)

Jamroz, D., Orda, J., Kamel, C., Wiliczekiewicz, A., Wertelecki, T., Skorupinska, J., 2003. *J. Anim. Feed Sci.*, (12), 583-596 (Abstr.)
 Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wertelecki, T., Orda, J., Skorupinska, J., 2005. *Br. Poult. Sci.*, (46), 485-493
 Spiller, G.A., 1980. *Am. J. Clin. Nutr.* (33), 754-759

Thomke S., Elwinger K., 1998. *Ann. Zootech.*, (47), 85-97
 Waldroup, A.L., Skinner J.T., Hierholzer, R.E., Waldroup, P.W., 1993. *Poult. Sci.*, (72), 643-50
 Wu, T.X., Dai, X.J., Wu, L.Y., 1999. *Acta Agricult. Zhejiangensis.*, (11), 85-87
 Xu, Z.R., Hu, C.H., Xia, M.S., Zhan, X.A., Wang, M.Q., 2003. *Poult. Sci.*, (82), 1030-1036

Tableau 2. Effet des traitements sur les performances du poulet de chair.

	Aliments						ES ¹	p ²	
	C	AV	P	X	XPH	XPM			XPB
Poids (g)									
Jour 1	40,8	40,9	40,6	40,7	40,6	40,6	40,7	0,04	NS
Jour 11	302 ^a	305 ^a	297 ^b	295 ^b	295 ^b	295 ^b	294 ^b	0,6	***
Jour 21	886 ^b	899 ^a	875 ^{bc}	876 ^{bc}	867 ^c	873 ^c	876 ^{bc}	1,5	***
Jour 36	2124 ^{bc}	2162 ^a	2161 ^a	2156 ^a	2112 ^c	2146 ^{ab}	2138 ^{ab}	3,2	***
GP (g)									
Jours 1-11	261 ^a	264 ^a	256 ^b	254 ^b	254 ^b	255 ^b	254 ^b	0,6	***
Jours 12-21	583 ^b	594 ^a	577 ^{bc}	581 ^b	572 ^c	578 ^{bc}	582 ^b	1,1	***
Jours 22-36	1237 ^c	1261 ^b	1284 ^a	1278 ^{ab}	1242 ^c	1271 ^{ab}	1261 ^b	2,5	***
IC (g/g)									
Jours 1-11	1,15 ^b	1,10 ^a	1,15 ^b	1,14 ^b	1,16 ^b	1,15 ^b	1,15 ^b	0,004	**
Jours 12-21	1,45 ^b	1,41 ^a	1,44 ^b	1,44 ^b	1,43 ^{ab}	1,44 ^b	1,43 ^b	0,003	**
Jours 22-36	1,81	1,79	1,77	1,77	1,79	1,78	1,78	0,004	NS
Jours 1-36	1,62 ^c	1,59 ^a	1,60 ^{ab}	1,60 ^{ab}	1,61 ^{bc}	1,60 ^{abc}	1,60 ^{ab}	0,003	†

^{a, b, c} : Les valeurs moyennes sur la même ligne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes par le test de Fisher ($p \leq 0,05$).

¹ Erreur standard de la moyenne.

² Degré de signification : NS, non significatif $P > 0,10$; †, tendance $0,05 < P < 0,10$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Tableau 3. Effet des traitements sur les paramètres reflétant le fonctionnement du tube digestif.

Paramètre	Aliments					ES ¹	p ²
	C	AV	P	X	XPH		
Hauteur villosité (mm)	0,511	0,492	0,524	0,531	0,493	0,0093	NS
Profondeur crypte (mm)	0,124 ^{ab}	0,129 ^{ab}	0,133 ^{ab}	0,138 ^a	0,119 ^b	0,0023	†
Ratio	4,10	3,83	3,98	3,92	4,21	0,077	NS
Surface villosité (mm ²)	0,609	0,608	0,659	0,698	0,617	0,0194	NS
AGV totaux (mg)	14,83	29,63	31,67	30,72	24,26	2,37	NS
Proportion Ac. Acétique (%)	64,30	59,45	61,51	61,15	60,26	0,94	NS
Proportion Ac. Butyrique (%)	22,11	27,47	25,02	24,56	25,3	0,49	NS
Proportion Ac. Propionique (%)	10,25	9,16	8,85	9,72	10,44	0,15	NS
pH intestinal	5,90	6,18	6,19	6,12	6,08	0,046	NS
pH caecal	6,13	6,10	6,17	6,25	6,26	0,054	NS
ASR j26 (log 10 UFC)	4,48	4,36	4,76	4,24	4,35	0,133	NS
ASR j34 (log 10 UFC)	4,11	4,97	3,51	3,19	4,45	0,188	NS
Notation litières	2,08	2,12	2,22	2,18	2,06	0,047	NS

^{a, b} : Les valeurs moyennes sur la même ligne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes par le test de Fisher ($p \leq 0,05$).

¹ Erreur standard de la moyenne.

² Degré de signification : NS, non significatif $P > 0,10$; †, tendance $0,05 < P < 0,10$