

Effets du sulfate de cuivre et du sulfate de manganèse sur la croissance des poulets de chair

Nono Mitterrand Sangwa KAYANZA*, Tony Muku MULIELE, David Kupesa MFUTI, Jean Pierre Tshiabukole KABONGO, Gertrude Khonde PONGI et Emmanuel Nkulukuta BAMBALA

INERA, 13, Avenue des Cliniques Kinshasa, Gombe, BP 2037, Kinshasa 1, RD Congo

* Correspondance, courriel : kayanza.sangwa@gmail.com

Résumé

Un essai sur la ration des poulets de chair a été conduit dans l'objectif d'évaluer les effets d'additifs nutritionnels, notamment le sulfate de cuivre et de manganèse, sur la croissance, l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation. Au total, 84 poussins de souche ROSS âgés de 1 jour ont été répartis en 4 groupes égaux. Le sulfate de manganèse a été incorporé à la dose de 65 mg / kg d'aliment (T1) ; le sulfate de cuivre à la dose de 3 mg / kg d'aliment (T2) et les mêmes doses ont été respectées pour la combinaison de deux additifs susmentionnés (T3). Le témoin (T0) n'a pas reçu d'additifs nutritionnels. L'expérience a duré 21 jours et les observations ont été faites sur le poids vif, le gain de poids, l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation à intervalle de 7 jours. Les résultats montrent une influence des traitements au 21^{ème} jour pour tous les paramètres observés. Comparé au témoin sans additif, l'apport du sulfate de manganèse (65 mg / kg d'aliment) a induit une augmentation de 43 % de poids vif des poulets, une diminution de l'efficacité alimentaire de l'ordre de 7 % et une amélioration de l'indice de consommation de l'ordre de 42 %. L'apport de sulfate de cuivre (3 mg / kg d'aliment) n'a pas affecté la croissance pondérale des poulets mais a permis d'augmenter l'efficacité alimentaire de l'ordre de 23 %. La combinaison du sulfate de cuivre et du sulfate de manganèse (3 mg de sulfate de cuivre + 65 mg de sulfate de manganèse / kg d'aliment) était moins performante que le sulfate de manganèse seul, elle a entraîné, par rapport au témoin, une augmentation de 19 % du poids vif de poulets, une vitesse de croissance 1,37 fois supérieure; une augmentation de l'efficacité alimentaire de 1,46 % et une amélioration de l'indice de consommation de 28 %. L'incorporation de sulfate de manganèse peut donc être une alternative pour accroître le poids vif des poulets de chair.

Mots-clés : *sulfate de cuivre, sulfate de manganèse, additifs alimentaire, ration alimentaire, poulet de chair.*

Abstract

Effects of copper sulfate and manganese sulfate on the growth of broiler chickens performance

A study on the ration of broiler chickens was taken in order to evaluate the effects of nutritional additives, including copper sulfate and manganese on growth, ingested food and consumer index. All in all 84 84 chicks of Ross strain from 1 day were divided into 4 equal groups. Manganese sulfate was incorporated into the dose of 65 mg / kg of food (T1); copper sulfate at a dose of 3 mg / kg of food (T2) and the same doses were met for the combination of the two above mentioned additives (T3). The witness (T0) received no nutritional additives.

The experience lasted 21 days and the comments were made on live weight, weight gain, the ingested food and feed efficiency at 7 day intervals. Results show an influence of treatments on the 21st day for all the observed parameters. Compared to the control group without additive, the contribution of manganese sulfate (65 mg / kg of food) induces an increase of 43 % in weight of meat of chickens, a decrease of feed efficiency in the order of 7 % and an improvement of 42 % for consumer index. The provision of copper sulfate (3 mg / kg of food) did not affect the weight of the chickens but increased feed efficiency of 23 %. The combination of sulfate and copper sulfate manganese (3 mg + 65 mg of manganese / kg of food sulfate copper sulfate) was less efficient than single manganese sulfate; it trained, compared to the control group, an increase of 19 % of the weight of chickens, a speed of growth 1.37 times, an increase in feed efficiency of 1.46 % and an improvement of 28 % for consumer index. The incorporation of manganese sulfate can be an alternative to increase the weight of broiler chickens.

Keywords : *copper sulfate, manganese sulfate, food additives, food diet, broiler chicken.*

1. Introduction

L'autosuffisance alimentaire est l'un des défis importants que l'Afrique doit relever. Le déficit alimentaire chronique et persistant en protéines animales doit interpeller chercheurs et politiciens à réfléchir sur les voies et moyens permettant de développer le secteur Elevage. Il est opportun de mettre l'accent surtout sur les espèces à cycle court, notamment sur l'aviculture moderne. La faible production du poulet dans les pays en voie de développement fait que le prix de cette denrée sur le marché devient relativement plus élevé, le rendant ainsi inaccessible à la grande majorité des populations [1]. L'essor de l'aviculture dans nos pays subsahariens se heurte à plusieurs obstacles notamment celui lié à la faible productivité de nos élevages due entre autres à la mauvaise alimentation de nos volailles (distribution des rations faibles en acides aminés, vitamines et minéraux). La production intensive des poulets implique la recherche des performances zootechniques plus élevées. Des études ont montré notamment que l'apport de certains nutriments affecte la production des reproducteurs, la qualité des poussins et les performances des poulets de chair [2]. Mise à part donc, l'amélioration génétique ayant conduit à l'obtention des souches beaucoup plus performantes ; l'amélioration des conditions du milieu (logement ; alimentation ; hygiène et prophylaxie), l'utilisation de certains additifs dans la ration pourrait améliorer l'efficacité des rations, abaisser le coût de production, augmenter les performances zootechniques des animaux et améliorer la qualité de la viande.

Parmi ces additifs on note notamment ceux qui contribuent à adapter au mieux la composition des rations aux besoins nutritionnels des animaux. Cette supplémentation nutritionnelle concerne notamment les acides aminés et les composés non protéiques, les minéraux et les vitamines, les huiles essentielles, les antibiotiques, etc. [3 - 9]. Plusieurs chercheurs confirment l'hypothèse qu'un apport en cuivre supérieur aux besoins nutritionnels, améliore les performances de croissance des poulets de chair [10]. En outre, plusieurs études ont montré que des concentrations élevées de Mn (500 - 3000 mg / kg) dans les aliments des poulets de chair n'ont pas d'influence sur le poids corporel, l'ingestion d'aliment, l'indice de consommation ou la quantité de cendres osseuses [11 - 15]. Des taux plus élevés (4000 - 5000 mg / kg) peuvent diminuer légèrement la croissance et entraîner une légère anémie [11]. Tout en respectant la législation en matière de protection de l'environnement, nous envisageons donc dans cette étude, supplémenter l'aliment commercial complet (made in Zambia) par le sulfate de cuivre pentahydraté ($\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) et le sulfate de manganèse monohydraté ($\text{MnSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$) à des doses assez petites et proches de besoins alimentaires des poulets de chair : 3mg / kg d'aliment pour le $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ et 65 mg / kg d'aliment pour le $\text{MnSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de ces deux additifs nutritionnels cités ci-haut sur la croissance, l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation des poulets de chair.

2. Méthodologie

2-1. Milieu

Cette expérimentation a été conduite en saison sèche (du 03 juin au 23 juin 2003), dans la ville de Lubumbashi. La ville de Lubumbashi, située au Sud-Est de la République Démocratique du Congo (RDC), dans la province du Haut Katanga, se trouve à une altitude variant entre 1165 m et 1298 m [16] ; elle s'étend jusqu'à 11° 39' de latitude Sud et 27° 28' de longitude Est. La température moyenne annuelle est d'environ 20°C ; la plus basse température, en moyenne 4,8°C, est enregistrée en juin et juillet (saison sèche) et la plus élevée variant entre 31°C et 33,8°C en septembre et octobre et parfois novembre ; les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1.243 mm [17]. Le climat est du type AW6 selon la classification de KÖPPEN : climat tropical caractérisé par une alternance de deux saisons, possédant un caractère tempéré et continental lié à l'éloignement par rapport à l'océan [17].

2-2. Conduite expérimentale

L'expérimentation a duré 21 jours (3 semaines) ; au total 84 poussins non sexés de poids initial compris entre 70 et 74 grammes, appartenant à la souche ROSS en provenance de la Zambie ont servi de matériel de test. Ainsi notre dispositif expérimental était en split-plot avec 3 répétitions. Le facteur principal étant les traitements avec 4 modalités (T0, T1, T2, et T3) et le facteur secondaire le temps avec 3 modalités (7^{ème}, 14^{ème} et 21^{ème} jour). Nous avons eu au total 4 grandes parcelles par répétition et chacune d'elle renfermait un total de 7 poussins soit 28 poussins pour chaque répétition. Il convient de noter que le traitement témoin T0 était constitué de 0 mg de CuSO₄5H₂O et 0 mg de MnSO₄H₂O par Kg d'aliment ; le traitement T1 de 0 mg de CuSO₄5H₂O et 65 mg de MnSO₄H₂O par Kg d'aliment ; le traitement T2 de 3 mg de CuSO₄5H₂O et 0 mg de MnSO₄H₂O par kg d'aliment et enfin le traitement T3 constitué de 3 mg de CuSO₄5H₂O et 65 mg de MnSO₄H₂O par Kg d'aliment. Ces doses sont assez faibles et ne peuvent pas entraîner le rejet massif du Cu et du Mn dans l'environnement ; notons par exemple que l'utilisation du cuivre à des doses supérieures à 100 mg / kg d'aliment est à l'origine d'une accumulation du Cu néfaste pour l'environnement dans les zones de production intensive [18]. Il convient de signaler que ces deux additifs alimentaires (sulfate de cuivre et sulfate de manganèse) nous ont été offerts par le laboratoire de la faculté de médecine vétérinaire de Lubumbashi. La balance électronique de précision de capacité 5 grammes a été utilisée pour peser les poids (mg) de deux additifs cités ci-haut.

Pour obtenir un aliment homogène, le mélange d'un additif avec l'aliment était fait de manière fractionnée c'est-à-dire tout en respectant la dose indiquée l'additif alimentaire était mélangé d'abord dans 100 gr d'aliment ; le produit obtenu était mélangé dans 1 kg d'aliment, le second produit ainsi obtenu était mélangé dans 10 kg d'aliment et en fin le troisième produit obtenu était mélangé dans 25 kg d'aliment. Au total nous avons 4 sacs de 25 kg chacun représentant 4 rations différentes. Les poussins ont été nourris à volonté (*ad libitum*) et un même type d'aliment a été utilisé pendant le mélange (aliment premier âge pour poulet de chair fabriqué par la firme TIGER ANIMAL FEEDS de LUSAKA en ZAMBIE). Les poussins ont été élevés au sol sur litière, dans les mêmes conditions d'humidité, de ventilation et de température. Ils ont reçu également 3 types de vaccins : contre le Newcastle, le Gumboro et la fièvre aphteuse, avec une semaine d'intervalle entre deux vaccinations. Pour prévenir le stress dû au transport et les manifestations néfastes de carence en vitamines, les poussins ont reçu le même type de composé vitaminé, le STRESSPAC, dilué dans l'eau de boisson selon les normes recommandées par le fabricant. Les pesages des poussins ou poulets ont été réalisés à l'aide d'une balance ordinaire de capacité 10 kg (à l'intervalle de 7 jours entre deux pesages), partant du premier jour (dès réception des poussins), jusqu'au 21^{ème} jour qui marque la fin de notre expérimentation. Pendant toute la période expérimentale, le taux de mortalité est resté nul quel que soit le traitement considéré. Les données ont été collectées pour les paramètres suivant : le poids vifs (PV) ; le gain de poids

hebdomadaire (GP) ; l'ingéré alimentaire hebdomadaire (IA) et l'indice de consommation (Ic). La statistique descriptive et l'analyse de variance (ANOVA, Modèle linéaire général) ont été effectuées avec le logiciel SPSS (version 17) pour les différents paramètres mesurés. Les différences ont été considérées comme significatives avec un risque d'erreur de 5 % et les moyennes de traitements significativement différentes ont été séparées par le test Student-Newman-Keuls (S.N.K).

3. Résultats et discussion

L'évolution de la croissance pondérale des poulets montre qu'au 7^{ème} jour d'expérimentation aucun traitement n'a pu influencer significativement le poids vif des poulets (**Tableau 1 et Figure 1**). Aux 14^{ème} et 21^{ème} jours, par contre, l'incorporation du sulfate de manganèse à la dose de 65 mg / kg d'aliment (T1) et celle de la combinaison sulfate de cuivre (3 mg) et sulfate de manganèse (65 mg / kg d'aliment) ont pu significativement influencer la croissance pondérale des poulets de chair ($P < 0,05$). Au 21^{ème} jour, le poids vif des poulets était classé suivant cet ordre décroissant : $T1 > T3 > T2 > T0$. Ces deux derniers traitements ont présenté des poids vifs des poulets (554 g et 555 g) significativement inférieurs ($P < 0,5$) aux traitements T1 (794 g) et T3 (661 g) (**Tableau et Figure 1**). Les recherches menées par [11 - 15], montrent que des concentrations élevées de Mn (500 - 3000 mg / kg) dans les aliments des poulets de chair n'ont pas d'influence sur le poids corporel, l'ingestion d'aliment, l'indice de consommation ou la quantité de cendres osseuses. Cependant nos résultats démontrent qu'à la dose de 65 mg / kg d'aliment, on obtient après 21 jours d'expérimentation, une augmentation du poids vif des poulets de l'ordre de 43 % par rapport au groupe contrôle, une vitesse de croissance 1,89 fois supérieure à celle de groupe témoin ; une diminution de l'efficacité alimentaire de l'ordre de 7 % par rapport au groupe contrôle et une amélioration de l'indice de consommation de l'ordre de 42 % par rapport au groupe témoin.

Cette contradiction pourrait être justifiée par le fait que l'apport de Mn à des taux plus élevés (> 3000 mg / kg d'aliment) chez le poulet de chair tend à diminuer l'assimilation du Fer et à entraîner une légère anémie par conséquent induit une diminution de croissance [18] mais, incorporé à faible dose (< 80 mg / kg d'aliment), le Mn influe positivement sur la croissance de poulet de chair car il est l'un des facteurs qui catalyse la production de l'enzyme glycosyltransferase impliquée dans la synthèse des chaînes peptidiques et glucidiques nécessaires pour la formation des tissus et la production d'énergie corporelle [19]. Notons en outre que la supplémentation de la ration par le sulfate de cuivre à la dose de 3 mg / kg d'aliment (proche de besoins nutritionnels des poulets de chair) n'a pas amélioré la croissance pondérale des poulets (probablement parce que cette dose s'est révélé trop insignifiante pour exhaler les effets du Cu sur la croissance du poulet) mais a entraîné après 21 jours d'expérimentation, une diminution de l'efficacité alimentaire de l'ordre de 23 % et une augmentation de l'indice de consommation de l'ordre de 21 % par rapport au groupe contrôle (**Tableaux 3 et 4**).

Notons par ailleurs que cette augmentation de l'efficacité alimentaire est nettement supérieure à celles obtenues par [20, 21] qui ont utilisé des doses largement supérieures aux besoins nutritionnels du poulet de chair, soit 200 et 600 mg / kg d'aliment. En ce concerne la vitesse de croissance, les poulets ayant reçu la combinaison de deux sulfates (T3) ont cru 1,37 fois plus rapide que leur congénères du groupe contrôle (T0) qui, comparé aux poulets qui ont reçu 3 mg de sulfate de cuivre seul (T2), n'a pas révélé de différence significative à toutes les observations (**Tableau 2 et Figure 2**). Tout comme le poids vif, la vitesse de croissance des poulets ayant reçu 65 mg de sulfate de manganèse seul (T2) était significativement supérieure à tous les autres traitements (**Tableau 2**). Contrairement au poids vif et à la vitesse de croissance, les traitements ont affecté de manière significative ($P < 0,05$) les ingérés alimentaires. Au 21^{ème} jour, par exemple, tous les traitements étaient significativement différents, et les valeurs des traitements décroissent suivant cet ordre : $T2 (505,38) > T1 (472,45) > T0 (465,54) > T3 (365,08)$. observés pendant la troisième semaine d'expérimentation ont pu varier de façon significative aussi pour la combinaison de deux sulfates

aux doses de 3 mg / kg d'aliment pour le sulfate de cuivre et 65 mg / kg d'aliment pour le sulfate de manganèse et cette augmentation de l'efficacité alimentaire est de l'ordre de 1,46 % par rapport au groupe témoin ($P < 0,05$) (**Tableau 3**). Quant à l'indice de consommation, celle-ci a varié quelque peu entre les traitements aux 7^{ème} et 14^{ème} jours tandis qu'au 21^{ème} jour, tous les traitements ont été significativement différents (**Tableau 4 et Figure 4**). Les traitements T1, T2 et T3 ont induit respectivement une diminution de l'Indice de consommation de 43, 22, et 29 % par rapport au témoin. Le traitement T1 a entraîné un indice de consommation supérieur par rapport à tous les autres traitements. En d'autres termes, les poulets ayant reçu le traitement T1 ont mieux valorisé la quantité d'aliment consommée pendant l'expérimentation. Ainsi du 14^{ème} au 21^{ème} jour d'expérimentation, par exemple, pour 100 grammes d'aliment consommés, la production moyenne de viande de poulet, par ordre décroissant, était de : 91,14 g pour T1 ; 87,80 g pour T3 ; 48,81 g pour T0 et 46,15 g pour T2. Comme précédemment annoncé, cet ordre décroissant d'indice de consommation qui traduit la capacité des poulets sous différents traitements à valoriser l'aliment concorde bien avec le poids vif et la vitesse de croissance des poulets (**Tableaux 1, 2 et 4**), et justifie logiquement des valeurs supérieures pour les traitements T1 et T3. L'apport supplémentaire de sulfate de manganèse aurait donc un effet positif sur l'indice de consommation des poulets de chair.

Tableau 1 : *Évolution de la croissance pondérale des poulets de chair durant les trois semaines d'expérimentation en fonction des différents traitements (PV en grammes). Les résultats sont exprimés en fonction de la moyenne \pm erreur standard à la moyenne (ESM)*

Traitements	PV7	PV14	PV21
T0	149a	322,44a	554a
T1	161,74a	363,4b	794c
T2	150,27a	326,77a	555,66a
T3	157,81a	340,11ab	660,66b
SNK (0,05)	NS	S	S

Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

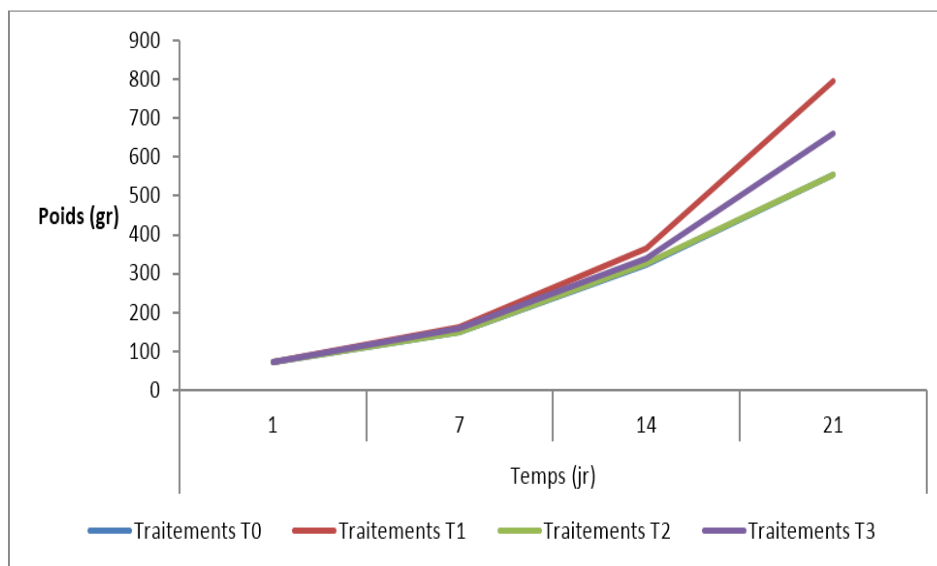


Figure 1 : *Évolution de la croissance pondérale des poulets en fonction des traitements*

Tableau 2 : Vitesse de croissance des poulets de chair (Gain de poids hebdomadaire (GP) en grammes) durant les trois semaines d'expérimentation en fonction des différents traitements. Les résultats sont exprimés en fonction de la moyenne \pm erreur standard à la moyenne (ESM)

Traitements	GP7	GP14	GP21
T0	77 ^a	173,4 ^a	227,2 ^a
T1	89,7 ^a	201,6 ^a	430,6 ^c
T2	78,2 ^a	176,5 ^a	233,2 ^a
T3	85,8 ^a	182,3 ^a	320,5 ^b
SNK (0,05)	NS	NS	S

Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

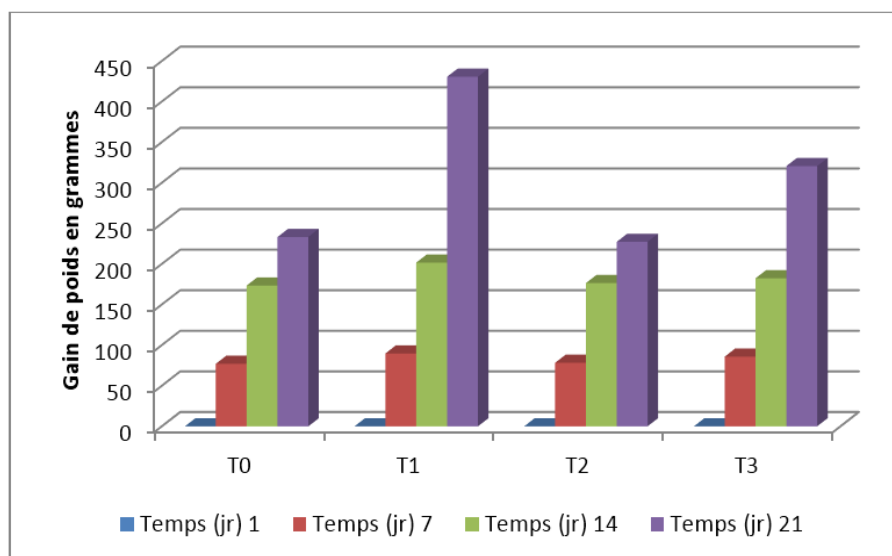


Figure 2 : Illustration du gain de poids hebdomadaire (gr) en fonction des différents traitements

Tableau 3 : Évolution hebdomadaire de l'Ingéré alimentaire (IA en gramme) en fonction des traitements. Résultats exprimés en fonction de la moyenne \pm erreur standard à la moyenne (ESM)

Traitements	IA1	IA2	IA3
T0	180,2 ^b	316,2 ^b	465,5 ^b
T1	180,6 ^b	338,5 ^c	472,4 ^c
T2	182,5 ^b	370,4 ^d	505,3 ^d
T3	178,2 ^a	307,4 ^a	365,08 ^a
SNK (0,05)	S	S	S

Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

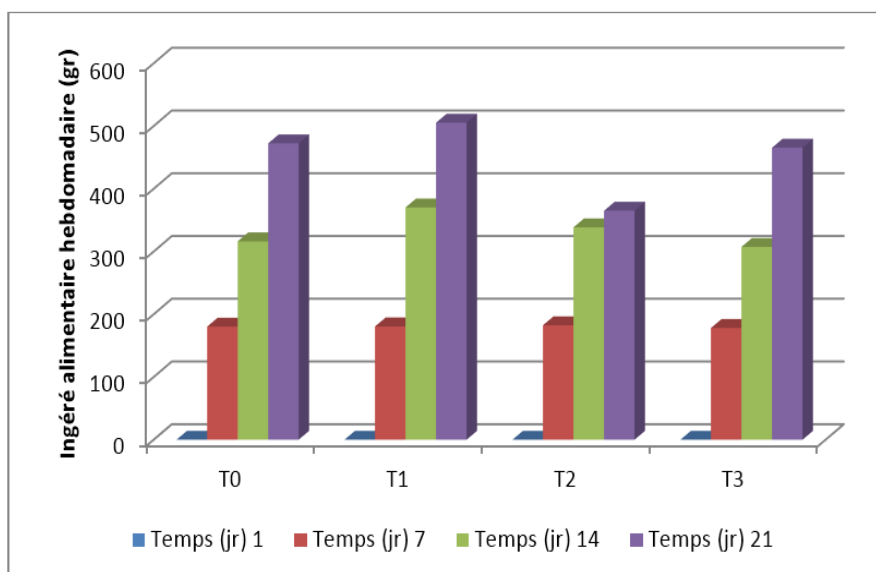


Figure 3 : *Évolution de la consommation alimentaire hebdomadaire (gr) en fonction des traitements*

Tableau 4 : *Évolution de l'indice de consommation en fonction de différents traitements. Résultats exprimés en fonction de la moyenne \pm erreur standard à la moyenne (ESM)*

Traitements	lc1	lc2	lc3
T0	2,41a	1,93a	2,05d
T1	2,01a	1,69a	1,17a
T2	2,33a	1,86a	1,60c
T3	2,08a	1,84a	1,45b
SNK (0,05)	NS	NS	S

Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

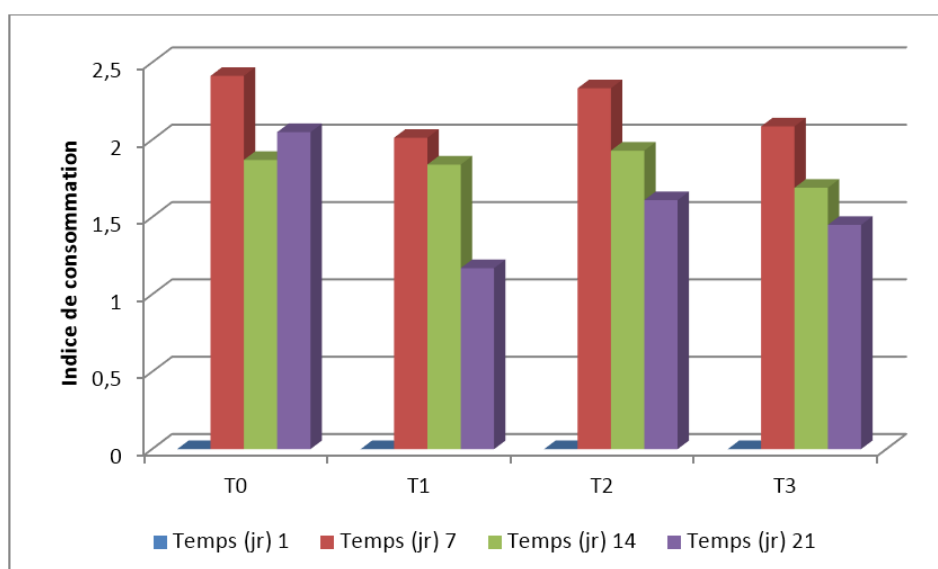


Figure 4 : *Évolution hebdomadaire de l'indice de consommation par rapport aux traitements*

4. Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que, par rapport au témoin, l'incorporation du sulfate de manganèse (65 mg / kg d'aliment) a entraîné une augmentation de 43 % de poids de vif des poulets, une vitesse de croissance de 1,89 fois plus élevée, une diminution de l'efficacité alimentaire de l'ordre de 7 % et une amélioration de l'indice de consommation de l'ordre de 42 %. Le sulfate de cuivre (3 mg / kg d'aliment), par contre, n'a pas amélioré de manière significative la croissance pondérale des poulets mais a entraîné une augmentation de l'efficacité alimentaire de l'ordre de 23 % par rapport au témoin. La synergie sulfate de cuivre (3 mg / kg d'aliment)-sulfate de manganèse (65 mg / kg d'aliment) était moins performante que le sulfate de manganèse seul. Elle a entraîné, par rapport au témoin, une augmentation de 19 % du poids vif de poulets, une vitesse de croissance 1,37 fois supérieure; une augmentation de l'efficacité alimentaire de 1,46 % et une amélioration de l'indice de consommation de 28 %. L'incorporation de sulfate de manganèse peut donc être une alternative pour accroître le poids vif des poulets de chair. Ceci paraît nécessaire pour les éleveurs, en particulier dans les pays en voie de développement, car ils peuvent mettre à profit cette pratique pour augmenter la rentabilité de leurs élevages.

Références

- [1] - Rapport OMD, Evaluation des progrès accomplis en Afrique dans la réalisation des objectifs du millénaire pour le développement, Rapport des objectifs du millénaire pour le développement (OMD-2013)-section III-sécurité alimentaire.
- [2] - HUBBARD, Reproducteur, Guide nutrition, NRC (USA-2011)
- [3] - M. L. SCOTT, M. C. NESHEIM, R. J. YOUNG, Essential inorganic elements in nutrition of the chicken. Scott M.L. (ed), Ithaca, (1976) 277
- [4] - R. GADOUB, M. M. JOSEPH, R. JUSSIAU, M. J. LISBERNEY, B. MANGEOL, L. MONTMEAS, A. TARRIT, Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, *Les éd. Foucher*, Paris. France, (1992)
- [5] - A. M. ABUDABOS, Optimal dietary phosphorus for broiler performance based on body weight group. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 7 (2012) 20 - 29
- [6] - H. J. AL-DARAJI and A. M. SALIH, Effect of dietary L-arginine on carcass traits of broilers. *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.*, 2 (2012) 40 - 43
- [7] - P. VISCA, C. BONCHI, F. MINANDRI, E. FRANGIPANI and F. IMPERI, the dual personality of iron chelators : growth inhibitors or promoters ? *Antimicrob. Agents Chemother.*, 57 (2013) 2432 - 2433
- [8] - KULDEEP DHAMA, RUCHI TIWARI, RIFAT ULLAH KHAN, SANDIP CHAKRABORTY, MARAPPAN GOPI, KUMARAGURUBARAN KARTHIK, MANI SAMINATHAN, PERUMAL ARUMUGAM DESINGU and LAKSHMI TULASI SUNKARA, Growth Promoters and Novel Feed Additives Improving Poultry Production and Health, Bioactive Principles and Beneficial Applications : The Trends and Advances-A Review. *International Journal of Pharmacology*, 10 (2014) 129 - 159
- [9] - B. CELIA, Alimentation des volailles en agriculture biologique, Cahier technique, Chambre régionale d'Agriculture des Pays de la Loire, (2015) 31 - 35
- [10] - C. Fisher, A. P. Laursen-Jones, K. L. J. Hill, W. S. Hardy, The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers. *Br. Poult. Sci.*, 14 (1973) 55 - 68
- [11] - L. L. Southern, D. H. Baker, Excess manganese in the chick. *Poult. Sci.*, 62 (1983) 642 - 646
- [12] - J. R. BLACK, C. B. AMMERMAN, P. R. HENRY, R. D. MILES, Biological availability of manganese source and effects of high dietary manganese on tissue mineral composition of broiler-type chicks. *Poult. Sci.*, 63 (1984) 1399 - 2006

- [13] - J. WONG-VALLE, P. R. AMMERMAN, P. R. HENRY, P. V. RAO, R. D. MILES, Bioavailability of manganese from feed grade manganese oxides for broiler chicks. *Poult. Sci.*, 68 (1989) 1368 - 1373
- [14] - A. C. H. LIU, B. S. HEINRICH, R. M. LEACH, Influence of manganese deficiency on the characteristics of proteoglycans of avian epiphyseal growth plate cartilage. *Poult. Sci.*, 73 (1994) 663 - 669
- [15] - M. O. SMITH, I. L. SHERMAN, L. C. MILLER, K. R. ROBBINS, Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate and manganese monooxide in broilers reared at elevated temperature. *Poult. Sci.*, 74 (1995) 702 - 707
- [16] - M. MBENZA, Le climat de Lubumbashi in Atlas de Lubumbashi, Centre d'étude géographique sur l'Afrique noire, Université Paris X-Nanterre, Paris. France, (1985)
- [17] - N. M. BULOT, Griffiths, The equatorial wet Zone in world, survey of climates of Africa, Vol. 10, College station Texas. USA, (1972)
- [18] - INRA Prod. Anim., Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair, 14 (3) (2001) 171 - 180
- [19] - T. DUPRE et al., Les anomalies congénitales de glycosylation des N-glycosylprotéines. *Médecine Science*, Vol. 20, N° 3, (mars 2004) 331 - 338 p.
- [20] - K. R. ROBBINS, D. H. BAKER, Effect of high-level copper feeding on the sulfur amino-acid needs of chicks fed corn-soybean meal and purified crystalline aminoacid diets. *Poult. Sci.*, 59 (1980) 1099 - 1108
- [21] - R. D. MILES, S. F. KEEFE, P. R. HENRY, C. B. AMMERMAN, X. G. LUO, The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability and dietary prooxidant activity. *Poult. Sci.*, 77 (1998) 416 - 425