

Effet de la litière de biochar à base de rafles de maïs sur les performances zootechniques du poulet de chair au Nord Bénin

V.F.G.N. DEDEHOU¹, S. H. SANI WOROGO¹, R. V. C. DIOGO¹, M. B. BEHINGAN², I. ALKOIRET TRAORE¹

(Reçu le 05/10/2022; Accepté le 12/11/2022)

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet de l'utilisation du biochar à base de rafles de maïs sur les performances zootechniques des poulets de chair. A cet effet, 201 poussins de chair de souche Cobb 500 ont été répartis en trois lots de 67 poussins: un premier lot sur la litière constituée de 100% de rafles de maïs (Rafle); un deuxième lot constitué de 100% de litière de biochar (Biochar) et un troisième à litière constituée de 50% de rafles de maïs et 50% de biochar (Mixte). Les paramètres zootechniques tels que le GMQ, l'ingestion alimentaire, l'indice de consommation, la morbidité et la mortalité ont été relevés et les poids de certains organes déterminés après abattage. Les résultats indiquent une amélioration significative de l'ingestion alimentaire et du GMQ pour le lot Biochar comparé au lot Rafle en phase de croissance. Les poulets des lots Biochar et Rafles ont eu des pattes et des gésiers plus lourds que ceux du lot Mixte. L'usage de la litière au biochar a donc donné les meilleures performances zootechniques. Des analyses d'ordre économique et environnementale seront nécessaires pour promouvoir l'utilisation de cette biomasse comme litière en aviculture.

Mots clés: litière, biochar, rafles de maïs, Cobb 500, Bénin

Effect of corn cobs biochar as litter on performance of broiler in northern Benin

Abstract

This study aims to evaluate the effect of biochar from corn cobs on the performance of chickens. For this study, 201 broiler chicks from the Cobb 500 strain were divided into three batches of 67 chicks laid each on litter consisted of (i) 100% corn cobs (Rafle); (ii) 100% corn cobs biochar (Biochar) and (iii) 50% corn cobs plus 50% Biochar designated (Mixte). The performance parameters including live weight, feed consumption, feed consumption index, morbidity and mortality were monitored and the weight of some organs was measured. The result indicated a significant improvement in feed intake and average daily gain in the Biochar treatment compared to the 'Rafle' batch only during the growth phase. Chickens from the Biochar and 'Rafle' treatment had heavier legs and gizzards than those from the 'Mixte' litter. The use of biochar litter therefore gave the best performances. Economic and environmental analyzes are necessary to promote the use of these biomass as bedding in poultry farming.

Keywords: bedding materials, biochar, corncobs, Cobb 500, production, Benin

INTRODUCTION

L'aviculture au Bénin, comme dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, joue un rôle important dans l'alimentation de la population. Elle fournit de la viande et des œufs de volaille qui constituent des sources de protéines animales de haute qualité pour la population (FAO, 2013). Malgré ces avantages, l'aviculture est reconnue comme une source de nuisance environnementale. En effet, les fermes avicoles émettent des gaz dont l'ammoniac qui affecte la qualité de l'air, la santé des animaux et des éleveurs et entraîne une diminution de la productivité des performances de la volaille (Yahav, 2004, Rylander et Carvalho, 2006). Cet impact sur l'environnement a également des répercussions sur la santé et la qualité de vie des populations proches et éloignées des sites de production de la volaille (FAO, 2013). Ainsi, les enjeux liés à l'aviculture font de la gestion des effluents une considération essentielle pour le développement et la durabilité de la production avicole dans les zones urbaines et périurbaines.

Les émissions gazeuses sont d'importances variables selon le type et la qualité de litière utilisée de même que la gestion des effluents dans les poulaillers. Pour réduire les émissions gazeuses, plusieurs méthodes de traitement des litières ont été rapportées (Cook *et al.*, 2011). Il s'agit de l'utilisation de produits absorbant l'humidité, d'agents acidifiants et d'inhibiteurs microbiens. Les amendements de litière par les agents acidifiants ont été les plus étudiés et ont permis

de réduire la volatilisation de l'ammoniac durant les trois premières semaines d'élevage notamment (Moore *et al.*, 1996; Li *et al.*, 2008).

De nombreuses recherches ont été faites sur le biochar (produit carboné issu de la pyrolyse des biomasses agricoles) qui a montré sa capacité à absorber l'humidité et conserver les nutriments des fertilisants (Major *et al.*, 2009) et à les libérer lentement, et à réduire les émissions de carbone dans l'atmosphère par séquestration du carbone, de l'ammoniac et des dérivés NO_x. Linhoss *et al.* (2019) indiquent que l'amendement de copeaux de bois de pin utilisés comme litière par l'application de son biochar n'a pas eu d'effets négatifs sur les performances et la santé des poulets de chair et peut améliorer la qualité de la litière grâce à une augmentation de l'absorption d'eau.

Il existe une grande diversité de matériaux utilisés comme litière en aviculture même si la paille broyée et les copeaux de bois sont les matériaux les plus utilisés en production de volailles de chair (Dennery *et al.*, 2012). Boko *et al.* (2015) ont indiqué qu'au Bénin tous les aviculteurs faisaient de l'élevage au sol et que la litière était constituée de copeaux de bois dans la quasi-totalité (98,7%) des fermes. Cependant, les copeaux sont de plus en plus utilisés dans les filières bois-énergie (Glehouenou-Dossou *et al.*, 2007; Rousset *et al.*, 2014). L'utilisation de litières «alternatives» pourrait donc constituer une solution intéressante pour pallier les difficultés d'approvisionnement de certains élevages.

¹ Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

² Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

Les rafles de maïs sont une matière disponible au Bénin et dont l'utilisation comme alternative aux copeaux de bois pourrait être intéressante. En effet, le maïs (*Zea mays*) est la culture vivrière annuelle la plus cultivée au Bénin avec une production nationale de 1.611.615 tonnes en 2020 (FAOSTAT, 2022). Il est produit dans tous les départements du Bénin et occupe 70% de la superficie totale consacrée aux céréales. Il est la première denrée de base pour plus de 8 millions d'habitants, soit environ 80% de la population béninoise (Sikirou *et al.*, 2020). Cette étude a pour objectif de déterminer de l'effet de l'utilisation de la litière constituée de biochar à base de rafles de maïs sur les performances zootechniques des poulets de chair au Nord du Bénin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

L'étude s'est déroulée dans la ville de Parakou, située dans le département du Borgou au Nord du Bénin. Elle est située à 9° 21' de latitude Nord et 2°36' de longitude Est. La commune de Parakou est limitée à l'Est, à l'Ouest et au Sud par la commune de Tchaourou et au Nord par la commune de N'Dali. Le climat est de type tropical humide caractérisé par une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse le reste de l'année. La hauteur moyenne annuelle des précipitations est de 1200 mm avec le maximum survenant en août. Les températures sont variables d'une saison à une autre. Le mois de décembre est le mois où les plus basses températures (19°C) sont enregistrées à Parakou (Kora et Guidibi, 2006; ASECNA, 2017).

Dispositif expérimental et conduite des animaux

L'essai a été réalisé du 19 Avril au 31 Mai au 14 juin 2022 sur 201 poussins d'un jour de souche Cobb 500, d'un poids moyen de 37 g. Ces poussins ont été élevés dans trois différents poulaillers qui se distinguent les uns des autres par le type de litière utilisée:

- Un premier lot nommé Rafle avec une litière à 100% de rafles de maïs;
- Un deuxième lot Biochar avec une litière à 100% de biochar à base de rafles maïs et;
- Un troisième lot nommé Mixte avec une litière constituée par un mélange de rafles de maïs et de biochar (50:50%).

Une quantité identique de 5 kg/m² de litière a été mise en place pour chaque lot en début d'essai. Les poulaillers qui ont servi à l'expérimentation étaient de nouvelles constructions d'une superficie de 12 m² et qui n'avaient jamais abrité de volailles. Ils ont été lavés et désinfectés au sulfate et persulfate de potassium (Virunet) à la dose de 1% par pulvérisation deux semaines et deux jours avant l'installation des poussins après la mise en place de la litière. Le matériel d'élevage a été soigneusement lavé et désinfecté à l'eau de javel. A l'arrivée des poussins, un contrôle de routine a consisté en l'observation de l'état des pattes, du bec, de l'ombilic et de vivacité notamment.

Les animaux ont été nourris les douze premiers jours avec l'aliment commercial de démarrage poulet de chair du Groupe Veto Services (GVS). Du treizième jour à la fin de l'expérimentation, l'aliment commercial de croissance GVS a été utilisé. L'alimentation et l'abreuvement des oiseaux ont été fournis *ad libitum*. Le service de l'aliment a été fait deux fois par jour soit à 7 heures le matin et à 17 heures le soir.

Collecte des données

Les quantités d'aliment servi et refusé ont été recueillies quotidiennement et les poids hebdomadairement pour la détermination de l'ingestion alimentaire et des gains moyens quotidiens (GMQ, g/j). Ces données ont été collectées à l'aide d'une balance numérique (Marque U, de portée 5 kg ± 1 g). L'ingestion alimentaire (g/jr/sujet) a été déterminée par la différence entre les quantités servies et les refus. Quant à l'indice de consommation, il a été déterminé en divisant la prise alimentaire totale moyenne par le gain de poids corporel total moyen.

Le taux de mortalité qui est le pourcentage de poulets morts durant la période d'élevage (42 jours) sur le nombre total de poulets, et le taux de morbidité qui est le pourcentage de poulets ayant été malades durant la période d'élevage sur le nombre total de poulets ont été déterminés pour chaque lot (Sanni, 2014).

Après 6 semaines d'âge, soit après quarante-deux (42) jours d'élevage, 10 animaux de chaque lot ont été abattus, plumés et éviscérés après enregistrement de leurs poids vifs corporels. Le poids carcasse et le poids des différents organes, notamment, le gésier vide, les pattes et la tête ont été enregistrés. La carcasse est représentée par le reste de l'oiseau après saignée, plumage, éviscération, enlèvement de la tête des pattes et de la graisse abdominale. La tête est séparée à la base de l'os occipital, les pattes à la jointure tibio-tarsale. La graisse abdominale est prélevée autour du gésier, de la bourse de Fabricius et sur la paroi abdominale, la graisse attachée à l'intestin étant exclue (Zein-El-Dein *et al.*, 1984).

Analyses statistiques

Afin d'évaluer l'effet du traitement sur les paramètres zootechniques (ingestion alimentaire, gain moyen quotidien, indice de consommation, poids vifs corporels) une analyse de variance a été effectuée en cas de normalité. Lorsque la normalité n'était pas acquise, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé. Lorsque la probabilité était significative ($p < 0,05$), une structuration de moyenne a été faite avec la fonction SNK du package «agricolae» (de Mendiburu, 2021). La même procédure a été utilisée pour analyser les données relatives au poids des organes. Ensuite, le modèle linéaire généralisé de Poisson a permis d'évaluer l'effet du traitement sur le nombre d'animaux malades et le nombre d'animaux morts. La courbe de croissance pondérale a été réalisée à l'aide du package Hmisc (Harrell et Dupont, 2021).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effets des litières sur les performances zootechniques des poulets

Le changement de nature des litières (substitution totale ou à moitié des rafles de maïs par le biochar) n'a globalement pas eu d'effet significatif ($p > 0,05$) sur l'ingestion alimentaire (Tableau 1), le gain moyen quotidien (Tableau 2) et l'indice de consommation (Tableau 3) pendant la phase de démarrage. Cependant, pendant la phase de croissance, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée pour ces paramètres entre les poulets du lot Biochar et ceux du lot Rafle. Ainsi, pendant la phase de croissance, l'ingestion alimentaire et le gain moyen quotidien ont été significativement plus élevés ($p < 0,05$) dans le lot Biochar par rapport au lot Rafle.

Linross *et al.* (2019) ont indiqué que l'utilisation de litière constituée de copeaux de bois de pin amendée à 0,97 kg/m² ou non avec du biochar n'a pas d'effet significatif sur les performances zootechniques des poulets de chair dans l'État du Mississippi. Ritz *et al.* (2011) en Géorgie, ont également rapporté que le biochar à base de coque d'arachide et ceux à base de copeaux de pin et coque de noix de coco (acidifiés par traitement à l'acide sulfurique) aux taux d'application de 0, 0,24, 0,37, et 0,73 kg/m² n'ont pas influencé les performances zootechniques des poulets de chair. Il est à noter que contrairement à la présente étude, ces auteurs ont fait une application du biochar en surface de la litière et les conditions expérimentales ne sont pas les mêmes.

Les valeurs d'ingestion alimentaire obtenues dans cette étude sont inférieures à celles (98,7 ± 0,125 g à 100 ± 0,25 g) trouvées par Sanni (2014) chez les poulets de chair COBB 500. Il convient de souligner ici que les périodes et les lieux d'expérimentation ne sont pas les mêmes. Cet auteur a réalisé son expérimentation au Sénégal au cours des mois de novembre et de décembre. La diminution de l'ingéré enregistrée serait donc liée à la température élevée. Au-dessus de 28°C, la température abdominale augmente en fait avec la température extérieure et avec la quantité d'aliment consommée (Li *et al.*, 1992). La seule solution pour l'animal est donc de réduire sa consommation d'énergie.

Le poids vif corporel moyen des poulets obtenu dans cette étude est proche de la moyenne de 1,60 kg rapportée par Adzona *et al.* (2019) à six semaines d'âge chez des poulets de chair de même souche. Sanni (2014) ont quant à eux rapporté pour la même souche de poulets de chair des poids vifs supérieurs à 2 kg après six semaines d'élevage avec des gains moyens quotidiens variant entre 48,1 - 49,6 g en fonction de la nature de la litière. On pourrait dire que cette faiblesse de performance serait liée à la faible ingestion alimentaire dans la présente étude qui pourrait être elle-même due au fait que l'expérimentation s'est déroulée à

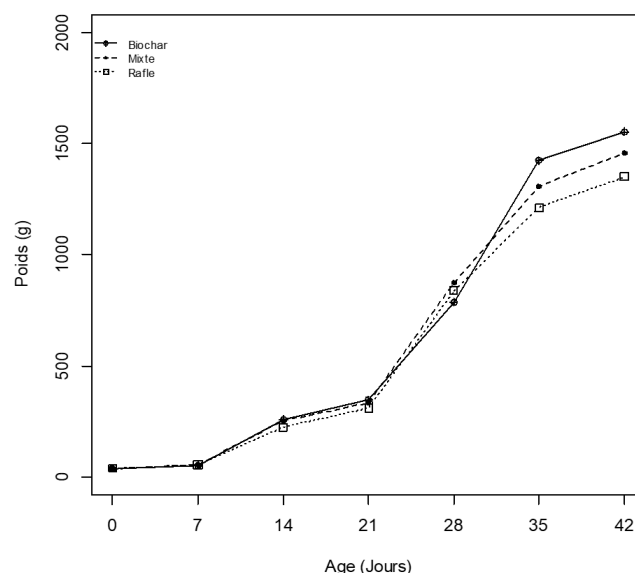


Figure 1: Évolution du poids vif corporel des poulets en fonction du type de litière

la fin de la saison sèche et au début de la saison pluvieuse, qui constitue une période chaude. Cependant, selon Dale et Fuller (1979), la diminution de l'ingéré n'est que partiellement responsable de la baisse de production enregistrée en climat chaud.

Les indices de consommation globaux obtenus sur la période d'élevage pour les différents lots dans cette étude sont meilleurs que 2,5 et 2,7 rapportés par Sanni (2014). Ceci montre une meilleure valorisation de l'aliment dans la présente expérimentation. Étant donné que dans cette étude, les conditions d'élevage, la souche de poussins et l'alimentation ont été identiques pour tous les lots et que la seule différence a été le type de litière, ce dernier facteur aurait un impact significatif sur les performances de croissance des poulets de chair.

Tableau 1: Ingestion alimentaire des poulets élevés sur différents types de litières (g/sujet/jour)

Phases	Ingestion alimentaire			P
	Rafle	Biochar	Mixte	
Démarrage	24,3 ^a ± 2,94	22,7 ^a ± 2,89	23,4 ^a ± 3,02	0,927
Croissance	73,4 ^b ± 4,47	92,8 ^a ± 5,93	78,5 ^{ab} ± 4,93	0,027

Différentes lettres sur la même ligne indiquent des différences significatives au seuil de 5% entre les litières pour l'ingestion alimentaire.

Tableau 2: Gain moyen quotidien des poulets élevés sur différents types de litières (g/jour)

Phases	Gain moyen quotidien			P
	Rafle	Biochar	Mixte	
Démarrage	16,4 ^a ± 0,67	18,4 ^a ± 0,71	17,9 ^a ± 0,76	0,052
Croissance	47,1 ^b ± 2,69	54,0 ^a ± 3,45	50,3 ^{ab} ± 3,93	0,025

Différentes lettres sur la même ligne indiquent des différences significatives au seuil de 5% entre les litières pour le gain moyen quotidien.

Tableau 3: Variation de l'indice de consommation (GMS/kg poids) des poulets de chair en fonction du type de litière

Phases	Indice de consommation			P
	Rafle	Biochar	Mixte	
Démarrage	1,79 ^a ± 0,15	1,84 ^a ± 0,11	1,67 ^a ± 0,20	0,556
Croissance	2,10 ^a ± 0,17	2,12 ^a ± 0,09	2,05 ^a ± 0,11	0,743

Différentes lettres sur la même ligne indiquent des différences significatives au seuil de 5% entre les litières pour l'indice de consommation.

L'effet du type de litière a été hautement significatif ($p < 0,001$) sur la morbidité et significatif ($p < 0,05$) sur la mortalité des poulets. Pour les deux paramètres le lot Biochar a eu les plus bas taux (Figure 2 et Figure 3).

Le lot Rafle a eu le taux de morbidité le plus élevé avec un taux de morbidité globale supérieure à 30%.

Les taux de mortalité obtenus durant toute la période d'élevage ont été respectivement de 2,98% dans le lot Biochar, 4,48% dans le lot Mixte et 14,9% dans le lot Rafle. Le lot Rafle a donc connu une mortalité trois fois supérieure à celle des autres lots. Les taux de mortalité obtenus dans cette étude sont supérieurs à 1,4% et 1,6% rapportés par Linhoss *et al.* (2019) avec des litières de bois de pin amendé ou non au biochar sur une période d'élevage de 35 jours. Pour ce qui concerne les lots Biochar et Mixte, les taux de mortalité sont voisins de la moyenne de 3,67% rapporté par Sanni (2014). Le lot Rafle qui a le taux de mortalité le plus élevé est aussi le lot où l'ingestion alimentaire et la croissance pondérale sont plus faibles. Cette tendance est contraire à celle indiquée par Koffi (2011) et Sanni (2014).

Selon ces auteurs, la mortalité est élevée dans les lots où la consommation alimentaire et la prise de poids ont été les plus importantes. Le biochar et les rafles de maïs amendées au biochar (Mixte) constitueraient donc des milieux de vie plus favorables aux poulets.

Effets des litières sur le rendement après abattage

Les variations du poids de la carcasse et des organes en fonction du type de litière sont résumées dans le Tableau 4. Il en découle que le type de litière n'a pas influencé de façon significative ($p > 0,05$) le poids de la carcasse, de la tête et de la graisse abdominale.

Les résultats concernant la carcasse corroborent ceux de Sanni (2014) où la variation de la nature de la litière n'a eu aucun effet sur le poids carcasse des poulets de chair Cobb 500. Des résultats rapportés par Ricard et Marche (1988) chez des poulets de chair Cornish x White Rock élevés au sol, il ressort que le poids de la tête et le poids du gésier sont significativement influencés par la densité et le sexe alors que celui des pattes l'est uniquement par le sexe.

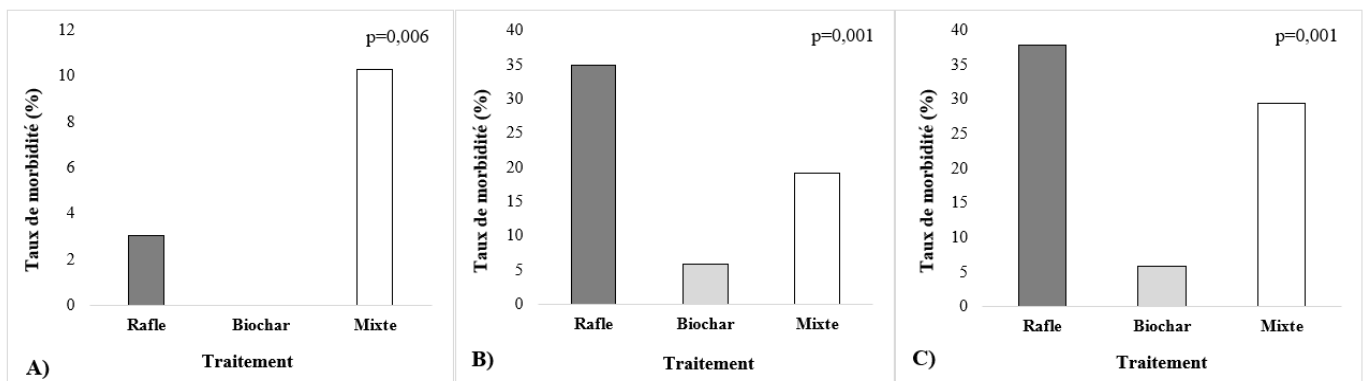


Figure 2: Variation du taux de morbidité des poulets en fonction du type de litière
Légende: A = Démarrage; B = Croissance; C = Global

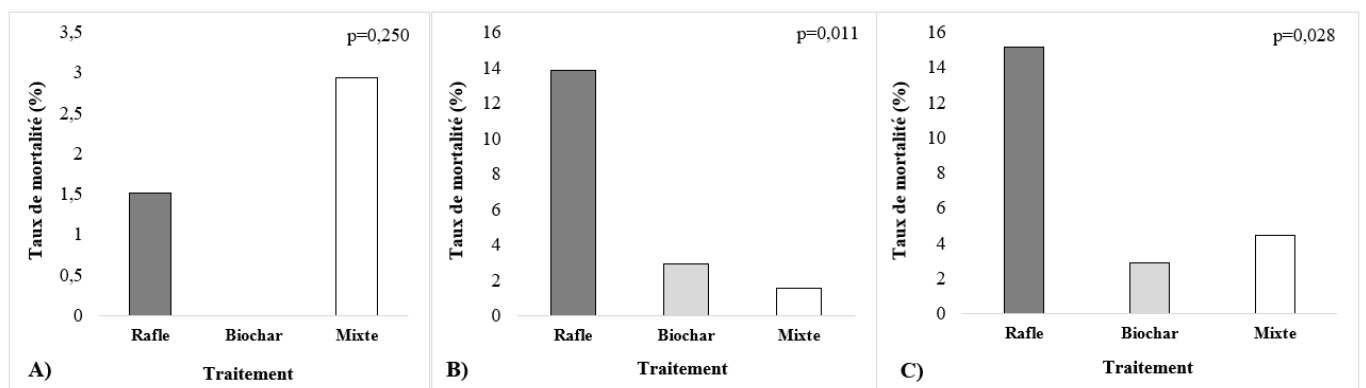


Figure 3: Variation du taux de mortalité des poulets en fonction du type de litière
Légende: A = Démarrage; B = Croissance; C = Global

Tableau 4: Rendement d'abattage des poulets après six semaines d'élevage

Paramètres	Rendement après abattage			P
	Raffles	Biochar	Mixte	
PV (g)	1352 ^b ± 79,6	1554 ^a ± 75,9	1460 ^{ab} ± 94,3	0,044
PC (g)	719 ^a ± 26,6	664 ^a ± 27,4	680 ^a ± 43,2	0,191
Tête (g)	31,1 ^a ± 1,1	32,9 ^a ± 2,06	28,4 ^a ± 2,32	0,260
Pattes (g)	55,5 ^a ± 2,57	55,5 ^a ± 4,09	44,3 ^b ± 3,29	0,039
Graisse abdominale (g)	24,4 ^a ± 2,35	22,6 ^a ± 2,2	20,2 ^a ± 2,26	0,435
Gésier (g)	19,5 ^b ± 1,26	17,5 ^{ab} ± 1,43	13,7 ^a ± 1,43	0,019

PV: Poids Vif corporel; PC: Poids Carcasse. Les lettres a, b, c sur la même ligne indiquent des différences significatives au seuil de 5% entre les litières pour la même variable.

Des différences significatives ont été observées au niveau des pattes et du gésier ($p < 0,05$). Ainsi, les poulets du lot Mixte ont eu les plus faibles valeurs pour ces organes. Selon Guédou *et al.* (2016), la différence de poids de gésiers chez des coquelets nourris avec 4 variétés de grains de maïs serait due au fait que ces derniers infligeraient à cet organe des efforts différents pour leur digestion. L'augmentation de poids du gésier correspondrait à une amélioration de sa fonctionnalité (Carré *et al.*, 2015). Les poulets élevés sur la litière contenant du biochar auraient pu ingérer le biochar, ce qui favoriserait le broyage de l'aliment et faciliterait sa digestion.

CONCLUSION

Le type de litière a influencé les paramètres zootechniques mesurés au cours de cette expérimentation. Ainsi, le biochar a permis d'avoir les plus grandes valeurs pour l'ingestion alimentaire et le gain moyen quotidien pendant la phase de croissance. Le biochar a également induit une baisse significative de la morbidité et de la mortalité des poulets. Après abattage, seuls les poids des pattes et du gésier ont été plus faibles avec la litière mixte. Le biochar de rafles de maïs permet donc d'avoir de meilleures performances zootechniques chez le poulet de chair et pourrait donc être utilisé comme litière en aviculture.

RÉFÉRENCES

Adzona, P.P., Bonou, G.A., Bati, J.B., Ndinga, F.A., Onzomoko, L.D., Itoua, P.L., Kiki, P.S., Dotchet, I.O., Banga-Mboko, H., Yous-sao, A.K. (2019). Influence du tourteau de sésame en alimentation fractionnée séparée et séquentielle sur les performances zootechniques et économiques du poulet de chair standard de la souche Cobb 500. *Revue Internationale des Sciences Appliquées*, 2: 1-11.

ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne) (2017). Climatologie, Statistiques sur la climatologie. févr-2017.

Boko, M.A., Dougnon, T.V., Bankolé, H.S., Dougnon, T.J., Ahouangninou, C., Cledjo, P., Soumanou, M. (2015). Pratiques d'élevage avicole au Sud-Bénin (Afrique de l'Ouest) et impacts sur l'hygiène des fumiers produits. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9: 2740-2753.

Carré, B., Méda, B., Juin, H. (2015). Bénéfices et contraintes de la sélection génétique du poulet de chair pour une croissance rapide. *INRA Productions Animales*, 28: 305-314.

Cook, K.L., Rothrock, M.J., Eiteman, M.A., Lovanh, N., Sistani, K. (2011). Evaluation of nitrogen retention and microbial populations in poultry litter treated with chemical, biological or adsorbent amendments. *Journal of Environmental Management*, 92: 1760 – 1766.

Dale, N.M., Fuller, H.L. (1979). Effects of Diet Composition on Feed Intake and Growth of Chicks under Heat Stress. I. Dietary Fat Levels. *Poultry Science*, 58: 1529-1534.

de Mendiburu, F. (2021). *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.3-5. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>

Dennery, G., Dezat, E., Rousset, N. (2012). Vers une gestion efficace des litières, de l'approvisionnement aux techniques d'élevage avicole. Chambre Régionale d'Agriculture des Pays-dela-Loire et de Bretagne, ITAVI, 48 pages.

FAO (2013). Poultry development review. Animal Production and Health Division. 127 pages

FAO (2015). Secteur Avicole Bénin. Revues nationales de l'élevage de la division de la production et de la santé animales de la FAO No. 10. Rome.

FAOSTAT. (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consulté le 24/09/2022.

Glehouenou-Dossou B., Akossou, R., Dossou, K.M.R. (2007). Rapport sur les Technologies de production du bois-énergie. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, République du Bénin. Version finale, juin 2007. 105 pp.

Guedou, M.S.E., Houndonougbo, M.F., Chrysostome, C.A.A.M., Mensah, G.A. (2016). Performances zootechniques et économiques de coquelets nourris avec des aliments à base de quatre variétés de grains de maïs au Bénin. *Revue CAMES*, 4: 45 – 51.

Koffi, H.H.A. (2011). Effets de l'incorporation des fines d'attapul-gite calcinées dans la litière sur son évolution physico-chimique et microbiologique et les performances du poulet de chair. Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 9, 110 p.

Kora, O., Guidibi, E. (2006). Monographie de la commune de Parakou. Cotonou, Cabinet Afr. Cons., pp. 1 – 44.

ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne) (2017): Climatologie, Statistiques sur la climatologie, févr-2017.

Li, H., Xin, H., Liang, Y., Burn, R.T. (2008). Reduction of ammonia emissions from stored laying hen manure through topical application of zeolite, Al⁺Clear, Ferix-3, or poultry litter treatment. *Journal of Applied Poultry Research*, 17: 421-431.

Li, Y., Ito, T., Nishibori, M., Yamamoto, S. (1992). Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and on abdominal temperature in laying hens. *Br. Poultry Science*, 33: 113-122.

Linhoss John E., Purswell Joseph L., Street Jason T., Rowland Matthew R. (2019). Evaluation of Biochar as a Litter Amendment for Commercial Broiler Production. *Journal of Applied Poultry Research*, 28: 1089-1098.

Major, J., Steiner, C., Downie, A., Lehmann, J. (2009). Biochar effects on nutrient leaching. Dans Lehmann, J. et Joseph, S., *Biochar for Environmental Management; Science and Technology*, 1^{ère} édition. Earthscan, London et Washington, p. 271 - 287.

Moore, P.A., Daniel, T.C., Edwards, D.R., Miller D.M. (1996). Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. *Poultry Science*, 75: 315-320.

Ricard F.H., Marche, G. (1988). Influence de la densité d'élevage sur la croissance et les caractéristiques de carcasse de poulets élevés au sol. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 37: 87-98.

Ritz, C.W., Tasistro, A.S., Kissel, D.E., Fairchild, B. (2011). Evaluation of surface-applied char on the reduction of ammonia volatilization from broiler litter. *Journal of Applied Poultry Research*, 20: 240-245.

Rousset, N., Guingand, N., Dezat, E., Lagadec, S., Jegou, J.-Y., Dennery, G., Chevalier, D., Boulestreau-Boulay, A.-L., Dabert, P., Berraute, Y., Allain, E., Maillard, P., Adjé, K., Hassouna, M., Robin, P., Ponchant, P., Aubert, C. (2014). Les litières en élevage: identification, test et évaluation des techniques ou des pratiques consistant à mieux gérer les litières avec moins de matériaux. *Innovations Agronomiques*, 34: 403-415.

Rylander, R., Carvalheiro, M.F. (2006). Airways inflammation among workers in poultry houses. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 79: 487-490.

Sanni, J.Y. (2014). Effets d'une litière à base d'attapul-gite calcinée, sur les performances de croissance du poulet de chair. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire, École Inter-États des Sciences Et Médecine Vétérinaires De Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 88 p.

Sikirou, R., Nakouzi, S., Adanguidi, J., Bahama, J. (2020). Manuel technique de protection du maïs en culture et en stockage au Bénin. Cotonou. 96 pp.

Yahav, S. (2004). Ammonia affects performance and thermoregulation of male broiler chickens. *Anim. Res.*, 53: 289-293.

Zein-El-Dein, A., Mérat, P. Bordas A. (1984). Composition corporelle de poulets "Cou nu" ou normalement emplumés selon le taux protéique de la ration. *Génétique sélection évolution, INRA Editions*, 16: 491-502.

Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement The World Academy of Sciences (TWAS) et Islamic Development Bank (IsDB) pour le financement de cette étude à travers le programme de bourse postdoctorale 2021 pour les femmes en sciences.