

INGESTION DE LARVES VIVANTES DE MOUCHES SOLDAT NOIRES (HERMETIA ILLUCENS) PAR LE POULET DE CHAIR

Recoules Emilie¹, Même Nathalie², Lardic Lionel¹, Gambier Eric¹, Bernard Jérémy²,
Guidou Côte³, Trespeuch Christophe³, Méda Bertrand¹

¹INRAE, Université de Tours, BOA - 37380 - NOUZILLY

²INRAE, Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours - 37380 - NOUZILLY

³MUTATEC - 1998, Chemin du Mitan - 84300 - CAVAILLON

emilie.recoules@inrae.fr

RÉSUMÉ

L'utilisation de larves de mouches soldat noires (*Hermetia illucens*) dans l'alimentation des volailles constitue une alternative intéressante au tourteau de soja pour améliorer la durabilité de la filière. Les études existantes portent sur des farines mais peu de données existent sur l'utilisation de larves vivantes (LV). Avant de pouvoir caractériser leur valeur nutritionnelle (composition et digestibilité) par une approche de digestibilité classique, il semblait nécessaire d'acquérir des connaissances sur l'ingestion et la digestion des LV par les animaux. Pour cela, une étude sur poulets Ross 308 (n=144) a été réalisée. Après une période de démarrage au sol, les animaux ont été répartis en 4 lots expérimentaux : un lot témoin (T) recevant un aliment complet granulé; deux lots recevant un mélange de granulés (identique à T) et de LV (AL1, AL2) et un lot recevant uniquement des LV à volonté (LS). Les animaux ont été placés en cages individuelles de J14 à J29. A J29, les animaux ont été mis à jeun puis réalimentés avant d'être euthanasiés. Les contenus des différents segments digestifs ont été collectés et les segments vides pesés. Les animaux LS avaient un poids vif final inférieur aux autres lots ($P<0,001$). Pour les lots AL1 et AL2, la quasi-totalité des larves distribuées a été consommée. Les consommations moyennes journalières en frais (granulés + insectes, en brut) indiquent une consommation supérieure pour le lot LS, inférieure pour le lot T et intermédiaire pour les lots AL1 et AL2 ($P<0,001$). La consommation d'eau était inférieure pour le lot LS et supérieure pour le lot T ($P<0,001$). Ces résultats indiquent qu'il est possible d'introduire 20% de LV dans la ration et qu'un protocole de digestibilité classique peut être utilisé pour déterminer la valeur nutritionnelle des LV.

ABSTRACT

Exploring the ingestion and digestion of alive Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*) by broiler

The use of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) in poultry feed is an attractive alternative to soybean meal to improve the sustainability of the poultry production systems. Existing studies focus on insect meal, but little data exists on the use of living larvae (LV). Before being able to characterize their nutritional value (composition and digestibility) using a classical digestibility approach, it seemed necessary to acquire knowledge on the ingestion and digestion of LV by animals. For this, a study on Ross 308 broiler chickens (n = 144) was carried out. After a starter period, the animals were divided into 4 experimental groups: control (T) receiving a complete granulated feed; two groups receiving a mixture of feed (identical to T) and LV (AL1, AL2) and one group receiving only LV (LS). The animals were placed in individual cages from d14 to d29. On d29, the animals were fasted and then re-fed before being euthanized. The contents of the different digestive segments were collected and the empty segments weighed. The LS group had a lower final body weight than the other groups ($P < 0.001$). For groups AL1 and AL2, almost all of the larvae distributed were consumed. The average daily consumption (feed + insects, on a fresh basis) indicates a higher consumption for LS, lower for T and intermediate for AL1 and AL2 ($P < 0.001$). Water consumption was lower for LS and higher for T ($P < 0.001$). These results indicate that it is possible to introduce 20% LV into the diet and that a standard digestibility protocol can be used to determine the nutritional value of LV.

INTRODUCTION

Afin d'améliorer la durabilité des systèmes de production avicoles, le recours à des ressources protéiques locales est nécessaire. Les insectes et particulièrement les larves de mouches soldat noires (BSF, *Hermetia illucens*) apparaissent comme une ressource alternative intéressante car elles sont très riches en protéines et en matières grasses (Makkar *et al.*, 2014 ; Khan, 2018). Plusieurs études décrivant l'utilisation potentielle de larves de BSF chez la volaille sont disponibles dans la littérature, mais elles se concentrent principalement sur l'utilisation de farines dégraissées ou d'huiles extraites des larves (De Marco *et al.*, 2015).

En élevage, l'utilisation d'insectes vivants, bien qu'autorisée par la réglementation, n'est aujourd'hui pratiquée que comme un enrichissement du milieu de vie, et pas comme une source de nutriments pour les animaux. Pour être considérée comme une matière première en tant que telle et faire partie intégrante de la ration et/ou de la stratégie alimentaire, la valeur nutritionnelle des larves de BSF doit donc être caractérisée.

Pour cela, un essai de digestibilité doit être réalisé. Or, le comportement d'ingestion et la physiologie digestive des animaux nourris avec des larves entières, nécessaires à l'élaboration d'un protocole de digestibilité, sont mal connus. L'objectif de cet essai est donc d'acquérir des informations sur l'ingestion de larves d'insectes entières vivantes par des poulets de chair, afin de s'assurer que le protocole de digestibilité classique (quantités ingérées, temps de jeun, durée de réalimentation, moment de prélèvement après mise à mort) est pertinent pour ce type de matière première ou de l'adapter en conséquence.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental et alimentation

L'étude a été réalisée dans les installations expérimentales du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours sur des poulets de chair Ross 308 élevés de 1 à 28/29 jours. Les animaux (n = 200) ont été élevés au sol de J1 à J7. A J8, ils ont été répartis en deux groupes : Standard (S, n = 50) et Larves (L, n = 150). A J14, 144 animaux (36 issus du groupe S et 108 issus du groupe L) ont été répartis en 4 lots (T, AL1, AL2, LS ; n = 36) sur la base du poids vif puis mis en cages individuelles. Le lot T provient du groupe S et les lots AL1, AL2 et LS proviennent du groupe L.

De J1 à J7, tous les animaux ont été nourris *ad libitum* avec un aliment démarrage standard granulé. Entre J8 et J16, une transition alimentaire progressive a été réalisée avec des mélanges d'aliment démarrage et d'aliment croissance, pour les deux groupes (S et L), complétés par 3 repas par jour (matin, midi, fin d'après-midi) de larves vivantes pour le groupe L puis les lots AL1, AL2 et LS. L'alimentation était *ad*

libitum par groupe au sol (de J8 à J13), puis rationnée en individuel à partir de la mise en cage (J14).

Le rationnement en granulés a été fait sur la base des apports théoriques (recommandations sélectionneur) + 10% pour le lot T et 80% de cet apport pour les lots AL1, AL2 et LS. Les quantités de larves journalières distribuées aux lots AL1, AL2 et LS correspondent aux 20% restants (sur une base matière sèche). Les larves étaient mélangées aux granulés.

A partir de J17, début de la période expérimentale, l'aliment granulé était un aliment 100% croissance et le lot LS a reçu 100% de larves vivantes en quantités équivalentes (en sec) à celles distribuées pour le lot T. Les lots AL1 et AL2 étaient strictement identiques jusqu'à la fin de l'étude. Lors de la période de réalimentation avant la mise à mort, le lot AL1 a reçu l'intégralité de sa ration (granulé + larves) en une seule fois au début de la réalimentation tandis que pour le lot AL2, les granulés ont été distribués en une seule fois au début de la réalimentation et les larves ont été distribuées en 3 fois. Ceci afin de voir si les modalités de réalimentation avaient un impact sur la consommation avant euthanasie et par conséquent sur la quantité de contenu digestif au moment des prélèvements.

Les quantités d'aliments et de larves distribuées ont été calculées pour chaque jour. La consommation de larves et de granulés a été mesurée séparément et chaque jour pendant la période expérimentale. La composition des aliments démarrage et croissance est présentée dans le Tableau 1.

1.2. Performances zootechniques

Le poids vif a été mesuré en individuel toutes les semaines (J1, J8, J14, J21 et J28/J29). Les mesures ont été faites le matin avant allumage pour s'affranchir de la prise alimentaire.

La consommation d'aliment granulé a été faite par groupe sur la période J1-J7 et à chaque changement d'aliment sur la période de transition alimentaire (J8-J10, J11-J13). A partir de J14 (en cage), la consommation d'aliment granulé, de larves ainsi que la consommation d'eau ont été mesurées quotidiennement et en individuel. Ces mêmes consommations ont également été mesurées lors de la phase de réalimentation avant la mise à mort (J28/J29).

1.3. Prélèvements

A J28/J29, après une mise à jeun de 17 h, les animaux ont été réalimentés pendant 3h30 de manière synchronisée avec l'heure de mise à mort. Le contenu des différents segments digestifs a été collecté et les tissus digestifs vides ont été pesés.

1.4 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (packages Rcmdr, pgirmess). L'homogénéité des variances entre lots a été testée par le test de Levene. La normalité de la distribution a été testée par lot avec le test de Shapiro-Wilk. Selon ces résultats, l'effet du régime alimentaire (lot) a été testé sur différents critères soit par un test non paramétrique de Kruskal-Wallis, soit par une ANOVA.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Sur les 200 animaux utilisés au départ, aucune mortalité n'a été observée pendant la période au sol. Seul un animal (Lot AL1) est mort à J26.

2.1. Composition des larves

Les larves de BSF utilisées étant vivantes, plusieurs lots ont été réceptionnés et utilisés au cours de l'étude. A chaque réception, un échantillon a été prélevé et analysé afin de déterminer la composition chimique et d'évaluer l'homogénéité entre les différents lots utilisés. La composition moyenne sur brut est de 1859 ± 30 kcal (Energie brute) ; $14,9 \pm 0,4$ % de protéines ($N \times 6,25$) et $7,9 \pm 0,8$ % de matières grasses (après hydrolyse). Une teneur en matière sèche moyenne de 30% a été considérée (Guidou, comm. pers.).

2.2. Poids vif et gain moyen quotidien

L'évolution du poids vif entre J1 et la fin de l'étude est représentée sur la Figure 1. A J21, seul le lot LS présentait un poids vif significativement inférieur ($P < 0,001$) aux autres lots d'environ 141 g (LS : 637 ± 65 g ; AL1 : 775 ± 87 g ; AL2 : 806 ± 72 g ; T : 755 ± 95 g). Entre J21 et la fin de l'étude, cette tendance s'est poursuivie et le poids vif final était significativement plus faible ($P < 0,001$) pour le lot LS d'environ 498 g comparé aux autres lots (LS : 837 ± 111 g ; AL1 : 1344 ± 160 g ; AL2 : 1415 ± 159 g ; T : 1246 ± 192 g). Le poids final du lot LS correspond à peu près au poids à J21 des autres lots, ce qui indique un retard de développement d'environ une semaine pour ce lot.

Concernant le gain moyen quotidien (GMQ), une différence significative entre les lots sur la période J14-J20 a été observée, avec un GMQ inférieur pour le lot LS (36 ± 6 g/j). Aucune différence significative n'est observée entre les autres lots (T : 50 ± 6 g/j ; AL1 : 52 ± 9 g/j ; AL2 : 56 ± 6 g/j). Entre J21 et la fin de l'étude, seuls les lots AL1 et AL2 ont des GMQ similaires (AL1 : 67 ± 7 g/j ; AL2 : 71 ± 7 g/j) les plus élevés comparés aux lots LS (23 ± 7 g/j) et T (57 ± 10 g/j ; $P < 0,001$).

2.3 Consommation d'aliment et de larves

Afin de valider l'hypothèse de rationnement et de construction des régimes, les quantités de granulés et

de larves distribuées chaque jour ont été comparées aux quantités ingérées. Les résultats indiquent que la quasi-totalité de la ration a été consommée pour les lots T, AL1 et AL2 et ce chaque jour entre J14 et la fin de l'étude expérimentale. Pour le lot LS, les quantités offertes étaient beaucoup trop importantes et ont été ajustées au jour le jour pour limiter le gaspillage tout en n'étant pas limitant. Cependant, distribuer des quantités importantes nous a permis d'estimer la capacité d'ingestion de larves vivantes, avec un maximum à 270 ± 46 g observé à J26. Toutefois, les quantités consommées pour le lot LS sont à prendre avec précaution compte tenu que du gaspillage a pu être observé mais non mesuré.

Les consommations moyennes journalières (g/j) exprimés sur sec sont présentées sur la Figure 2. Que ce soit sur les périodes J14-J20, J21-fin ou sur la totalité de la période expérimentale, J17-fin, les résultats sont identiques. La consommation moyenne journalière était significativement plus faible ($P < 0,001$) pour le lot LS, ce qui s'explique certainement par l'encombrement, la forte teneur en eau et le déséquilibre nutritionnel des larves vivantes. Le lot T avait une consommation significativement supérieure aux lots LS et AL1 mais pas au lot AL2. Les lots AL1 et AL2 ne présentaient pas de différence significative. Par contre, on note que le ratio granulés/larves était plutôt de 70/30 contrairement au ratio théorique prévu de 80/20. Ce ratio a été observé pour les deux lots AL1, AL2 et était constant dans le temps. Cela peut s'expliquer par une consommation préférentielle des larves au détriment du granulé.

2.4 Indice de consommation

Sur la période J14-J20, le lot T présentait l'indice de consommation le plus faible ($1,40 \pm 0,06$). Le lot LS présente l'indice le plus dégradé ($3,66 \pm 0,43$). Les lots AL1 et AL2 avaient des indices similaires ($1,94 \pm 0,21$ et $1,87 \pm 0,13$ respectivement), intermédiaires entre les lots T et LS.

Sur la période J21-fin, les résultats étaient similaires avec un effet significatif du lot, à l'exception des lots AL1 et AL2 qui ne sont pas significativement différents entre eux (LS : $12,33 \pm 3,26$; AL1 : $3,08 \pm 0,21$; AL2 : $2,89 \pm 0,81$; T : $2,48 \pm 0,30$, $P < 0,001$). La forte différence de valeur d'indice de consommation mesurée pour le lot LS peut certainement s'expliquer par l'encombrement, la forte teneur en eau et le déséquilibre nutritionnel des larves vivantes.

Malgré une tentative de compenser cette faible valeur nutritionnelle en augmentant leur niveau d'ingestion, les animaux n'ont probablement pas été capables de compenser ce déficit, peut-être en raison d'un problème d'encombrement et de capacité maximale d'ingestion. Ceci s'est donc traduit par un gain de poids nettement plus faible dans le lot LS, en comparaison des autres lots, et donc une efficacité alimentaire fortement dégradée.

2.5 Consommation d'eau

L'effet du lot sur la consommation moyenne journalière en eau est présenté sur la Figure 3 pour les différentes périodes. Une différence significative de consommation entre lots à l'exception des lots AL1 et AL2 a été observée. Les lots LS et T présentaient respectivement une consommation en eau inférieure et supérieure aux autres lots ($P < 0,001$). Cela peut s'expliquer par la teneur en eau de l'ingéré, supérieure pour le lot LS et inférieure pour le lot T.

2.6 Poids des tissus digestifs

Les poids relatifs des différents segments sont présentés dans le Tableau 2. De manière générale, il y a un effet du régime alimentaire sur le poids des segments digestifs à l'exception du pancréas et des caeca. Les différences les plus significatives ont été observées pour proventricule-gésier et duodénum. Le lot LS avait un poids relatif de proventricule-gésier et duodénum plus élevés comparé aux autres lots. Sur le proventricule gésier, le lot T avait le poids relatif le plus faible, le lot LS le poids le plus élevé, tandis que les lots AL1 et AL2 étaient intermédiaires. Le fait que les lots AL1 et AL2 soient supérieurs au lot T laisse penser que la présence de larves entières vivantes dans l'alimentation ait un rôle positif sur le développement du proventricule gésier. Cependant, pour le lot LS, il faut garder à l'esprit que le poids vif final des animaux était nettement plus faible. Or,

d'après Alshamy *et al.* (2018), le gésier présente une croissance allométrique négative par rapport au poids total. Ainsi, le poids supérieur du proventricule-gésier des animaux du lot LS pourrait davantage être expliqué par leur retard de développement global par rapport aux autres lots.

CONCLUSION

Cette étude expérimentale exploratoire a permis de mieux caractériser l'ingestion de larves vivantes par les animaux. Les résultats indiquent qu'il est possible d'introduire 20 à 30% de la ration « sèche » sous forme de larves vivantes ce qui est compatible avec un protocole de digestibilité classique afin de mesurer la valeur nutritionnelle des larves vivantes de BSF. Des analyses complémentaires sur les contenus digestifs (pH, digestibilité des protéines...) sont en cours avant la réalisation d'un essai de digestibilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut Carnot France Futur Elevage pour le soutien financier du projet (projet PINHS, 2020-2023), la société MUTATEC pour l'approvisionnement en larves vivantes et leur expertise, ainsi que le personnel de l'unité expérimentale PEAT et plus particulièrement Patrice Ganier, Marine Chahnamian et Florine Pinault pour leur implication dans l'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alshamy Z., Richardson K.C., Hünigen H., Hafez H.M., Plendl J., Al Masri S., 2018. PLoS ONE, (13), e0204921.
- De Marco M., S. Martínez, Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo L., Belforti M., Bergero D., Katz H., Dabbou S., 2015. Anim. Feed Sci. Tech., (209), 211-218.
- Khan S.H., 2018. J. Applied Anim. Res., (46), 1144-1157.
- Makkar H.P.S., Tran G., Heuzé V., Ankers P., 2014. Anim. Feed Sci. Tech., (197), 1-33.

Tableau 1. Composition des aliments expérimentaux

Ingrédients (%)	Démarrage	Croissance	Caractéristiques analysées	Démarrage	Croissance
Maïs	50,361	47,17	MS (%)	89,05	89,44
Blé	10,00	20,00	EB (kcal)	3964	4052
Tourteau de soja	33,072	24,802	MG (A, %)	5,02	6,34
Huile de soja	2,116	3,68	MG (B, %)	5,14	6,97
DL Méthionine	0,29	0,211	Cendres (%)	5,84	5,49
Carbonate de calcium	0,627	0,407	Protéines (% , N*6,25)	20,99	18,19
Phosphate Bicalcique	2,341	1,995	Phosphore total (mg/g)		6,5
Sel	0,3	0,3	Calcium (mg/g)		8,6
Prémix	0,4	0,4			
Lysine HCl	0,241	0,237			
Thréonine	0,142	0,115			
Valine	0,06	0,033			
Anticoccidien	0,05	0,05			
Dioxyde de titane		0,6			
TOTAL	100	100			

Figure 1. Evolution du poids selon les traitements expérimentaux.

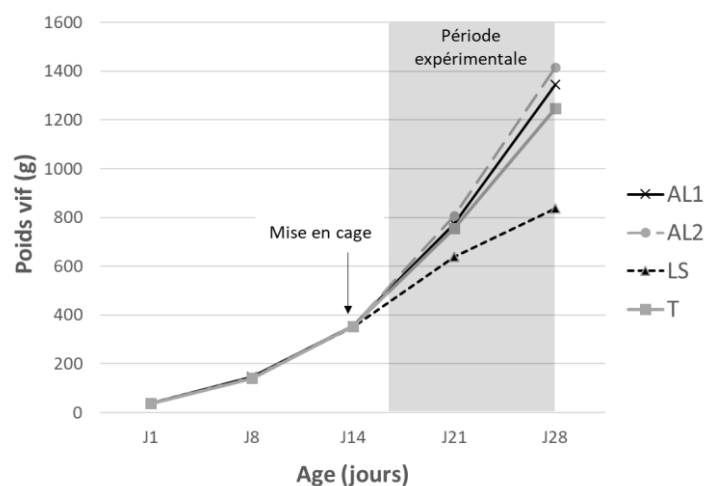


Figure 2. Consommation moyenne journalière d'aliment (granulé + larves, en sec) par lot et par période.

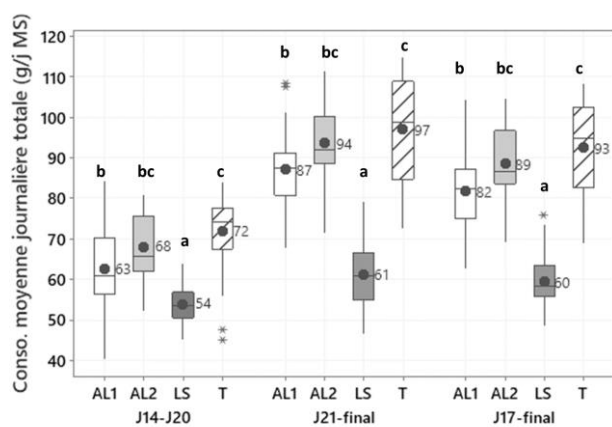


Figure 3. Consommation moyenne journalière d'eau par lot et par période.

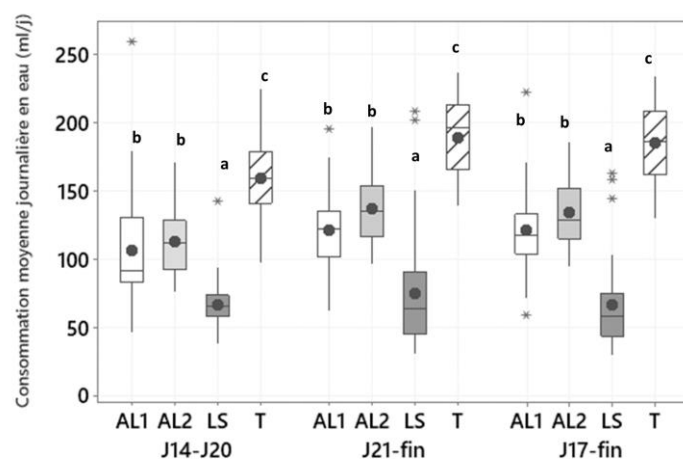


Tableau 2. Poids des segments digestifs en relatif au poids vif final (%).

	AL1	AL2	LS	T	P-value
Jabot	0,47 ± 0,11 b	0,44 ± 0,10 ab	0,4 ± 0,1 a	0,46 ± 0,11 ab	0.05
Proventricule-Gésier	2,02 ± 0,44 b	1,96 ± 0,48 b	2,9 ± 0,34 c	1,6 ± 0,41 a	0.001
Duodénum	0,75 ± 0,14 a	0,73 ± 0,16 a	1,13 ± 0,18 b	0,79 ± 0,14 a	0.001
Pancréas	0,24 ± 0,05	0,26 ± 0,04	0,25 ± 0,05	0,27 ± 0,05	NS
Jéjunum	1,24 ± 0,19 a	1,3 ± 0,26 ab	1,43 ± 0,22 b	1,38 ± 0,33 b	0.01
Iléon	0,95 ± 0,18 a	1,0 ± 0,11 a	0,99 ± 0,17 a	1,19 ± 0,18 b	0.001
Caeca	0,33 ± 0,07	0,33 ± 0,07	0,34 ± 0,06	0,37 ± 0,08	NS
Total	5,75 ± 0,66 a	5,75 ± 0,49 a	7,19 ± 0,75 b	5,79 ± 0,69 a	0.001