

DENSITE DES POPULATIONS DE MOUCHES ET DISSEMINATION DES AGENTS PATHOGENES DANS UN SYSTEME DE PRODUCTION D'ASTICOTS POUR L'ELEVAGE PENDANT L'HARMATTAN

S. C. B. POMALEGNI¹, G. N. KPERA¹, F. D. ACCROMBESSI^{1,2*}, S. E. P. MENSAH¹, A. F. A. D. BOSSOU³, E. N. HOUNGBO⁴, E. ZANNOU⁵ ET G. A. MENSAH^{1,2}

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou 01, Bénin

² Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 LEA-FSA, Bénin

³ Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

⁴ Ecole d'Agrobusiness et de Politiques Agricoles (EAPA), Université Nationale d'Agriculture (UNA), 05 BP 774 Cotonou, Bénin

⁵ Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526, Cotonou, Bénin

*Auteur correspondant : E.mail : fdaccrombessi@gmail.com

RESUME

Les asticots constituent une source protéinique bénéfique pour l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage. Cependant, leur production en oviposition naturelle des mouches peut avoir un impact négatif pour l'environnement et engendrer des dangers microbiologiques pour l'homme et les animaux. Afin d'évaluer l'abondance des mouches et la dissémination d'agents pathogènes associées à un système de production d'asticots, un dispositif de piégeage de détection de mouches a été mis en place et la charge microbienne de trois potentiels types de substrat ainsi que celle des asticots qui y étaient produits ont été déterminées. Il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre l'effectif des mouches dans un système de production d'asticots et celui de l'environnement immédiat du lieu de production. Les analyses microbiologiques ont montré que les trois types de substrat renferment les coliformes totaux, les coliformes fécaux et la flore aérobie mésophile totale avant et après la production. Toutefois, les asticots avaient une qualité microbiologique satisfaisante avec des charges microbiennes moyennes largement inférieures à celles des substrats post-production. Il est indispensable que les aviculteurs traditionnels optent pour l'utilisation des substrats moins répugnants afin d'éviter la diffusion des odeurs nauséabondes dans l'environnement immédiat du lieu de production.

Mots clés : Asticots, animaux monogastriques, charges microbiennes, impact environnemental, Bénin.

ABSTRACT

FLY'S POPULATIONS AND DISSEMINATION OF PATHOGENS AGENTS IN A MAGGOT PRODUCTION SYSTEM FOR LIVESTOCK FARMING DURING HARMATTAN

Maggots are a beneficial protein source for feeding monogastric animals of rearing. However, their production by natural oviposition of flies can induce an environmental impact and microbiological hazards for both animals and humans. In order to access the abundance of flies and the spread of pathogens agents in a maggot production system, a fly detection trapping device was set up and the microbial load of three potential types of substrate as well as their produced maggots were determined. There is no significant difference ($p > 0.05$) between the number of flies in a maggot production system and that of the surrounding area. Microbiological analyzes showed that all three types of substrate

contained total coliforms, fecal coliforms and total mesophilic aerobic flora before and after production. However, the maggots had an acceptable microbiological quality with average microbial loads much lower than those of post-production substrates. It is essential that traditional poultry farmers opt for the use of less repugnant substrates in order to avoid the diffusion of nauseous odors in the immediate environment of the place of production.

Key words: Maggots, monogastric animals, microbial load, environmental effect, Benin.

INTRODUCTION

Le développement de l'élevage en Afrique est confronté à l'insuffisance de ressources alimentaires riches en protéines d'origine animale (Bouafou *et al.*, 2007). Divers ingrédients alimentaires sont proposés aux aviculteurs tels que le maïs, le son de maïs, la farine de poisson, l'os calciné, les vitamines, la coquille d'huître et le sel de cuisine. Les sources de protéines les plus utilisées dans l'alimentation animale sont principalement la farine de poisson, les tourteaux d'arachide et de soja. Le coût élevé des matières premières de ces aliments, la contrainte de leur importation et la compétition entre l'Homme et l'animal pour ces mêmes ressources alimentaires exacerbent cette situation (Yapoga *et al.*, 2012). Cependant, les asticots, les termites, les chenilles, les vers de terre et les criquets constituent des sources de protéines animales non conventionnelles dont les animaux se nourrissent dans la nature (Aron & Grasse, 1960 ; Ayssiwede *et al.*, 2013). L'utilisation des asticots comme source de protéines animales pour l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage (Koné *et al.*, 2017) et pour l'alimentation des poissons (Ossey *et al.*, 2012) a été largement étudiée. L'incorporation des asticots dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage a induit des performances zootechniques meilleures que celles de la farine de poisson (Pomalegni, 2017 ; Edénakpo *et al.*, 2020a). Ce constat prouve que les asticots constituent une source de protéine animale non conventionnelle susceptible de substituer les ingrédients classiques utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage au Bénin. L'utilisation des asticots comme source de protéines complémentaires suscite l'attention des aviculteurs traditionnels. Pomalegni *et al.* (2016) ont renseigné que 81,68% des 960 aviculteurs traditionnels enquêtés de façon aléatoire dans 48 villages au Bénin souhaitent de plus en plus intégrer les asticots dans la pratique alimentaire de leur volaille.

Au Bénin, plusieurs substrats sont utilisés pour la production d'asticots dont les fientes de volailles, les déjections de porcs, le son de maïs, le son de soja, les cadavres d'animaux, etc. Ces différents substrats sont exposés à l'air libre pour faciliter l'oviposition naturelle des mouches (Pomalegni *et al.*, 2017). Les mouches impliquées dans l'ensemencement des substrats dans un système de production d'asticots sont notamment les mouches « soldats noirs », (*Hermetia illucens*) et les mouches domestiques (*Musca domestica*) (Kenis *et al.*, 2018). Les mouches «soldats noirs» ne sont pas des vecteurs de transmission de maladies ni aux animaux ni aux hommes (Kenis *et al.*, 2018) et sont reconnues moins propices au développement de plusieurs germes pathogènes dans les milieux de production (Erickson *et al.*, 2004 ; Lieberman *et al.*, 2006). Cependant, les mouches *Musca domestica* sont des hôtes de nombreux parasites (Blanchot, 1992), des vecteurs d'agents pathogènes (Selma et Alloui, 2015) et des responsables de diverses pathologies en élevage.

Les mouches domestiques transmettent aux animaux d'élevage diverses maladies virales et bactériennes telles que l'entérite du vison, la septicémie du lapin, la tularémie, la mastite des bovidés dont les agents responsables sont respectivement MEV Virus, *Pasteurella multocida*, *Francisella tularensis* et *Streptococcus agalactiae*. Elles véhiculent aussi des parasites comme *Habronema megastoma* et *Habronema muscae*, qui sont des agents responsables de l'Habronémose du cheval (Blanchot, 1991). En aviculture, elles peuvent engendrer des risques sanitaires pour les poules, et accroissent le risque de dissémination de germes pathogènes (Lubac, 2008). Elles sont incriminées dans la transmission de *Pasteurella multocida*, de *Paramyxovirus*, de *Campylobacters spp*, de *Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus*, de *Pseudomonas aeruginosa*, de *Aspergillus spp*, de *Streptococcus faecalis* et de *Bacillus cereus* (Banjo *et al.*, 2005 ; Nelson and Harris, 2006 ;

Holt *et al.*, 2007 ; Selma et Alloui, 2015). La dissémination de ces pathologies peut être accrue par le système de production en oviposition naturelle (Kenis *et al.*, 2018) surtout en cas d'utilisation de substrats contaminés. De plus, la production en oviposition naturelle peut augmenter la densité de mouches adultes et, par conséquent, intensifier les possibilités de transmission des agents pathogènes aussi bien aux animaux qu'aux hommes vivants dans l'environnement immédiat du lieu de production (Nkegbe *et al.*, 2018).

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'abondance des mouches et la dissémination d'agents pathogènes associées à un système de production d'asticots au Bénin.

MATERIEL ET METHODES

ETUDE DE L'ABONDANCE DES MOUCHES

Dispositif expérimental

Les dispositifs de piégeage de détection mis en place ont été composés de pièges à diptère « sticky traps ». Ils ont été installés sur les terrains d'expérimentation du Laboratoire des Recherches Zootechnique, Vétérinaire et Halieutique (LRZVH) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Ces terrains d'expérimentation sont distants d'au moins 100 m de tout lieu de production de mouches. La direction des vents dominants sur le site a été identifiée en faisant tomber verticalement des feuilles sèches mortes de plantes. Ensuite, il a été choisi dix (10) emplacements, séparés d'au moins 100 m. A cinq (05) de ces emplacements, il a été disposé pendant 4 jours une bassine contenant des substrats. Dix (10) piquets ont été fixés de part et d'autre de chaque bassine contenant le substrat (cinq dans le sens de vent dominant et cinq autre dans le sens contraire) à des intervalles de 1,3, 5, 10 et 20 mètres de chaque côté. Un (01) piège « sticky trap » a été fixé par piquet à 1 mètre de hauteur. Aux cinq autres emplacements (témoins), il a été mis une bassine sans substrat mais les mêmes pièges ont été disposés suivant la même démarche. Le substrat utilisé a été le son de soja, identifié comme un des substrats les plus adaptés et

les plus disponibles au Bénin (Pomalegni *et al.*, 2017).

Suivi et collecte des pièges

Les pièges ont été laissés en place et suivis durant quatre jours avant d'être relevés le cinquième jour. Lors du relevé, les pièges ont été emballés dans de la cellophane en prenant soin de maintenir intactes les mouches prises au piège. Les informations, telles que la localité, la station expérimentale, la date de collecte, le numéro du piège et l'état du substrat incubé au cours de ce relevé ; ont été indiquées au crayon à papier sur une étiquette placée à l'intérieur de l'emballage en cellophane de chaque « sticky trap » récolté délicatement. Les « sticky trap » ont été disposés dans un récipient évitant l'écrasement des mouches attrapées puis ont été acheminés au laboratoire où les pièges ont été conservés à 4 °C au réfrigérateur jusqu'au dénombrement des mouches.

DISSEMINATION DES AGENTS PATHOGENES

Production des asticots

Nos essais sur la production et la récolte des asticots ont été menés pendant le mois de décembre (une période de saison sèche) et en plein harmattan au Bénin

Substrats et ensemencement

Les asticots ont été produits à partir de trois potentiels types de substrats suivants : Son de maïs + Son de soja + Viscères de poisson ; Déjection de porc ; Crottes de lapin + fientes de volaille (Pomalegni *et al.*, 2017). Ces substrats ont été disposés dans des récipients installés à l'air libre pendant 12 heures (entre 07 h et 19 h) d'ensemencement, puis ont été transportés par la suite dans un lieu sécurisé contre les prédateurs des asticots où ils ont été couverts de moustiquaires (Ekoue et Hadzi, 2000).

Récolte des asticots

Les asticots ont été récoltés le 5^{ème} jour par tamisage à l'aide d'un extracteur amélioré de larves de mouche mis au point par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). La technique de récolte des asticots par cet extracteur amélioré a été décrite par Pomalegni *et al.* (2017).

Dénombrement des agents pathogènes

Les substrats de production ont été prélevés dans un sachet Stomacher stérile avant l'exposition d'une part et à la fin de la production immédiatement après l'extraction des asticots d'autre part. Les asticots frais, récoltés et débarrassés des souillures par tamisage, ont été aussi prélevés. Les échantillons prélevés ont été acheminés au laboratoire pour le dénombrement des coliformes totaux, fécaux et de la flore aérobie mésophile totale.

Dénombrement des coliformes totaux, fécaux et de la flore aérobie mésophile totale

Les coliformes totaux, fécaux et la flore aérobie mésophile totale ont été recherchés respectivement suivant les normes ISO 4832 (ISO, 2006) ; NF V08-060 (NF, 2009) et ISO 4833 (ISO, 2003).

La suspension-mère au 10^{ème} a été préparée en ajoutant une masse de 10 g de l'échantillon, pesée de façon aseptique dans un sachet Stomacher stérile, à 90 ml d'eau peptonée tamponnée autoclavée à 120°C et à la pression de 1bar. L'ensemble a été homogénéisé au vortex. A partir de cette suspension, des dilutions décimales variant de 10⁻¹ à 10⁻⁷ ont été réalisées.

Les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants ont été dénombrés sur le Violet Red Bile Dextrose (VRBD) suite à l'incubation des boîtes de Pétri pendant 24h ± 2h respectivement à 30 °C et à 44 °C.

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale a été fait sur la gélose Plate Count Agar

(PCA) et les boîtes de Pétri ont été incubées à 30°C pendant 72 h.

ANALYSE DES DONNEES

Sur les données de nombre de mouches, les conditions de normalité et d'homogénéité des variances n'étaient pas remplies alors le test non paramétrique de Wilcoxon a été effectué afin de comparer le nombre moyen de mouches en fonction de la présence ou de l'absence du substrat.

Pour évaluer l'effet de la distance sur le nombre de mouches piégées, la régression de Poisson, s'écrivant sous la forme $\text{Log}(\lambda) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Dist}$, a été utilisée avec λ = nombre moyen de mouches piégées ; Dist = la distance du piège par rapport au récipient contenant ou non (témoin) le substrat ; β_0 et β_1 les coefficients de régression.

Les différentes analyses ont été faites avec le logiciel R 3.6.0 (R Core Team, 2019) et ont nécessité l'utilisation des packages « lawstat », « aod » et « effects ».

RESULTATS

Densité de la population de mouches dans un système de production d'asticots en oviposition naturelle

Abondance des mouches

Dans le tableau 1 a été consigné le résultat du test de Wilcoxon réalisé pour vérifier s'il existe une différence entre le nombre moyen de mouches en fonction de la présence ou de l'absence du substrat.

Tableau 1 : Résultat du test de Wilcoxon effectué sur les données de nombre de mouches piégées.

Wilcox from test result carried out on the data of the number of trapped flies.

	Système de production d'asticot		Environnement immédiat		Wilcoxon test	
	Moyenne	Erreur Standard	Moyenne	Erreur Standard	W	p-value
Nombre de mouches piégées	16	± 17,50	11	± 10,11	1078.5	0.2377

Le nombre moyen de mouches piégées dans le système de production d'asticots était 16 mouches (± 17) et celui de l'environnement immédiat du système de production (témoin) était 11 mouches (± 10). Le résultat du test de Wilcoxon a donné $W = 1078.5$ et $p\text{-value} = 0.2377$. Ce qui a montré qu'il n'existait pas une différence significative ($p > 0,05$) entre l'effectif des mouches dans un système de production d'asticots et celui de l'environnement immédiat du lieu de production.

Effectif des mouches adultes en fonction de la distance d'éloignement du système de production d'asticots en oviposition naturelle

L'effet de la distance des pièges par rapport aux récipients à substrat sur le nombre de mouches piégées a été traduit par l'équation de régression de poisson suivante : $\text{Log}(N_{\text{Mouche}}) = 3,25 - 0,08 \cdot \text{Dist}$. Ainsi, en supposant que la distance était nulle entre les bords des récipients à substrat et les pièges, le nombre moyen de mouches piégées était de $\exp(3,25)$, soit de 26 mouches. Ceci a révélé un regroupement des mouches adultes sur les substrats de production contenus dans les récipients. Cette équation a renseigné que ce nombre moyen de mouches diminuait de $\exp(0,08)$, soit de 01 mouche en s'éloignant d'un mètre des récipients à substrat. Ces résultats ont été illustrés sur la figure 1.

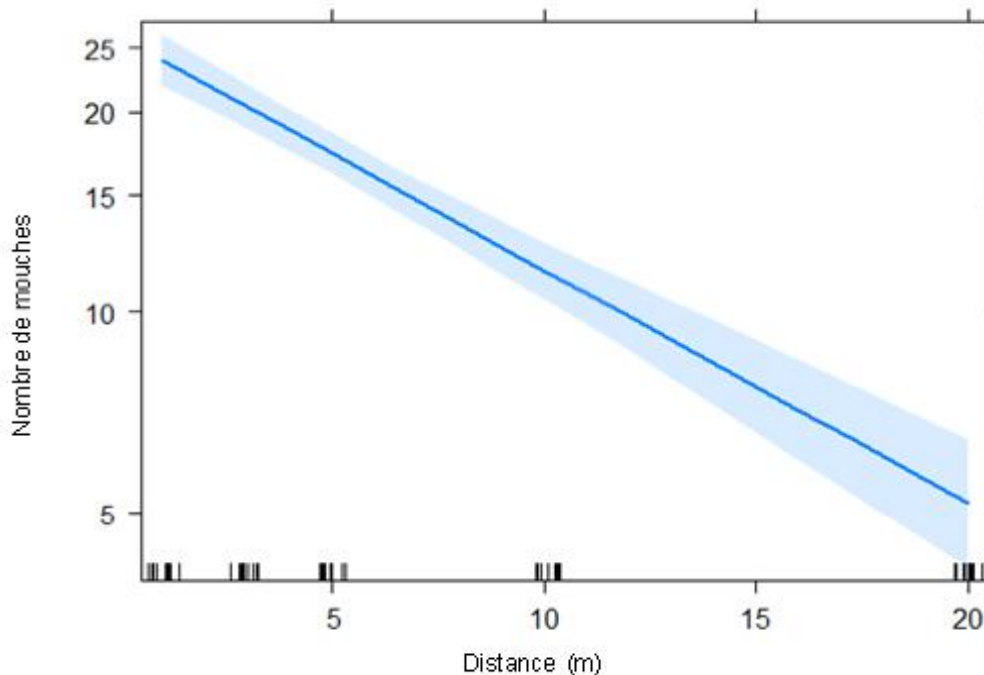


Figure 1 : Evolution de l'effectif des mouches adultes en fonction de la distance d'éloignement du système de production d'asticots.

Trend of the number of adult flies while moving away from the maggot production system.

DISSEMINATION D'AGENTS PATHOGENES DANS UN SYSTEME DE PRODUCTION D'ASTICOTS POUR L'ELEVAGE

Substrat constitué par le mélange de son de maïs, de son de soja et de viscères de poissons

La flore aérobique mésophile totale (FAMT) présente dans le substrat constitué du mélange de son de maïs + son de soja + viscères de poissons (MSV) était 668,17 (UFC/g $\times 10^4$) pour le substrat avant l'exposition et 1861,36 (UFC/g $\times 10^4$) pour le substrat après exposition et 2,03 (UFC/g $\times 10^4$) pour les asticots produits dans ce

substrat (tableau 2). Quant aux coliformes totaux (CT), leur charge microbienne n'était pas déterminée pour le substrat avant l'exposition mais elle était 4,8 (UFC/g $\times 10^4$) pour le substrat après récolte et de 0,09 (UFC/g $\times 10^4$) pour les asticots produits. Concernant les Coliformes Fécaux (CF), les nombres totaux des colonies dénombrées étaient 1,45 ; 8,22 et 0,01 (UFC/g $\times 10^4$) respectivement pour le substrat avant l'exposition, le substrat après l'exposition et les asticots produits. Ces résultats, consignés dans le tableau 2, indiquaient la présence de la FAMT, des CT et des CF dans le substrat MSV avant l'ensemencement et après la récolte. Les asticots produits à partir de ce substrat avaient aussi des charges de la FAMT, des CT et des CF.

Tableau 2 : Valeurs du dénombrement des CT, des CF et de la FAMT pour le substrat MSV.

CT, CF and FAMT enumeration values for the MSV substrate.

Périodes d'échantillonnage	Echantillons prélevés	Flore aérobique mésophile totale (UFC/g $\times 10^4$)	Coliformes totaux (UFC/g $\times 10^4$)	Coliformes Fécaux (UFC/g $\times 10^4$)
Avant l'ensemencement	Substrat MSV	668,17	Indéterminé	1,45
Après la récolte	Substrat MSV	1861,36	4,8	8,22
Après nettoyage des souillures	Asticots produits par le substrat MSV	2,03	0,09	0,1

Légende : Substrat MSV : substrat constitué d'un mélange du son de maïs + son de soja + viscères de poisson ; UFC/g : Unités Formant Colonie par gramme

MSV Substrate : substrate consisting of a mixture of corn bran + soybean bran + fish viscera ; UFC/g : Colony Forming Units per gram.

Substrat constitué d'un mélange de crottes de lapin et de fientes de volaille

Les résultats du dénombrement des échantillons du substrat constitué d'un mélange de crottes de lapin et de fientes de volaille (CrFi) ont révélé que les charges microbiennes de la flore aérobique mésophile totale, des coliformes totaux et des coliformes fécaux étaient respectivement

161,36 ; 2,92 ; 2,22 (UFC/g $\times 10^4$) avant l'exposition ; et respectivement 66,74 ; 7,72 et 5,4 (UFC/g $\times 10^4$) pour le même substrat après l'exposition (Tableau 3). La charge microbienne des asticots issus de ce substrat n'était pas déterminée. La flore aérobique mésophile totale, les coliformes totaux et les coliformes fécaux étaient alors présents dans ce substrat avant l'ensemencement et après la récolte (Tableau 3).

Tableau 3 : Valeurs du dénombrement des FAMT, des CT et des CF pour le substrat CrFi.*FAMT, CT and CF enumeration values for the CrFi substrate.*

Périodes d'échantillonnage	Echantillons prélevés	Flore aérobie mésophile totale (UFC/g×10 ⁴)	Coliformes totaux (UFC/g×10 ⁴)	Coliformes Fécaux (UFC/g×10 ⁴)
Avant l'ensemencement	Substrat CrFi	161,36	2,92	2,22
Après la récolte	Substrat CrFi	66,74	7,72	5,4
Après nettoyage des souillures	Asticots produits par le substrat CrFi	Pas déterminé	Pas déterminé	Pas déterminé

Légende : Substrat CrFi : substrat constitué d'un mélange de crottes de lapin + fientes de volaille ; UFC/g : Unités Formant Colonie par gramme.

CrFi Substrate : substrate consisting of a mixture of rabbit droppings + poultry droppings ; UFC/g : Colony Forming Units per gram.

Substrat constitué de déjections de porc

La flore aérobie mésophile totale dénombrée était 1.26 (UFC/g×10⁴) pour le substrat constitué de déjections de porc (DP) avant l'ensemencement contre 171,81 (UFC/g×10⁴) pour ce substrat après récolte (Tableau 4). Les nombres totaux de colonies des CT et des CF sont respectivement 0,2 (UFC/g×10⁴) et 0,0012 (UFC/

g×10⁴) pour le substrat (DP) avant l'ensemencement et respectivement 2,56 (UFC/g×10⁴) et 0,14 (UFC/g×10⁴) pour ce substrat après récolte (Tableau 4). La charge microbienne des asticots produits à partir de ce substrat n'était pas déterminée. Par conséquent, la flore aérobie mésophile totale, les coliformes totaux et fécaux étaient présents, avant et après la récolte, dans les déjections de porc utilisées comme substrat de production d'asticots.

Tableau 4 : Valeurs du dénombrement de la FAMT, des CT et des CF pour le substrat DP.*FAMT, CT and CF enumeration values for the DP substrate.*

Périodes d'échantillonnage	Echantillons prélevés	Flore aérobie mésophile totale (UFC/g×10 ⁴)	Coliformes totaux (UFC/g×10 ⁴)	Coliformes Fécaux (UFC/g×10 ⁴)
Avant l'ensemencement	Substrat DP	1265	0,2	0,0012
Après la récolte	Substrat DP	171,81	2,56	0,14
Après nettoyage des souillures	Asticots produits par le substrat DP	Pas déterminé	Pas déterminé	Pas déterminé

Légende : Substrat DP : substrat constitué de déjections de porc ; UFC/g : Unités Formant Colonie par gramme.

DP Substrate : substrate made up of pig droppings ; UFC/g : Colony Forming Units per gram.

DISCUSSION

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA PRODUCTION D'ASTICOTS EN OVIPOSITION NATURELLE

L'étude montre qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre le nombre de mouches dans un système de production d'asticots en oviposition naturelle et celle du milieu environnant le système de production. Ceci confirme les stipulations issues des observations non quantifiées du milieu réel de production d'asticots renseignées par Kenis *et al.* (2018). La production d'asticots en oviposition naturelle n'augmente pas le nombre de mouches adultes dans l'environnement immédiat du système. La non augmentation du nombre de mouches dans le système peut être expliquée par le fait que les asticots produits sont destinés à l'alimentation animale et non pour la reproduction. En effet, le cycle de développement des mouches est interrompu au stade larvaire dès la récolte des asticots qui ne deviennent plus des mouches adultes. Il ne doit alors y avoir d'augmentation du nombre de mouches adultes dans le système seulement qu'en cas de mauvaise récolte ou de mauvais conditionnement des résidus de substrats de production. Dans le système de production, les substrats de production sont utilisés comme des attractants pour attirer les mouches déjà existantes à former une colonie autour du centre d'intérêt qu'ils constituent. Par ailleurs, dans les conditions favorables et dans un milieu où les ordures sont exposées, les résultats obtenus au Japon par Imai (1984) ont révélé un taux d'augmentation de la population des mouches domestiques, *Musca domestica*, de 1,25 à 2,82% par jour correspondant à une production approximative de 1.300 à 1.500 mouches par mètre carré en un mois. Imai (1984) a aussi rapporté une diminution rapide de la densité des mouches expliquée par l'émigration des mouches adultes. Ceci accorde une plus-value à nos présents résultats qui justifient que le système de production d'asticots en oviposition naturelle non seulement n'augmente pas l'effectif des mouches mais permet au contraire de concentrer les mouches déjà existantes dans une zone limitée. La légère augmentation non significative ($p > 0,05$) du nombre moyen de mouches piégées (16 mouches) dans le système de production d'asticots par rapport à celui (11 mouches) du milieu naturel voisinant

le système de production d'asticots et le nombre moyen de mouches piégées (26 mouches) suivant l'équation de régression de poisson à une distance considérée nulle des récipients à substrat illustrent la concentration des mouches dans le système de production d'asticots en oviposition naturelle. Par conséquent, la valorisation des asticots dans l'alimentation animale s'inscrit dans une logique de la dépollution de l'environnement comme l'ont déjà souligné Pomalegni *et al.* (2017). En effet, les substrats de production, étant des déchets organiques, leur mauvaise gestion constitue un facteur favorable à la production et au développement des asticots aboutissant à la multiplication des mouches adultes dans la nature. Ces mouches adultes vont envahir l'environnement en quête d'habitats favorables pour l'oviposition naturelle. Or, les mouches étant reconnues comme vecteurs de transmission de diverses maladies, leur surpeuplement pose un problème de santé publique (Blanchot, 1992). La technique de production des asticots, utilisant les substrats organiques destinés à polluer l'environnement, pour l'alimentation des animaux d'élevage se présente ainsi comme un moyen de préservation de la santé publique et de la protection de l'environnement. Cependant, Il faut noter que les odeurs nauséabondes et les risques de contamination aussi bien biologiques que chimiques liés aux substrats sont les facteurs à considérer pour l'installation du système de production d'asticots dans un milieu. Il en résulte que la distance d'éloignement d'un système de production d'asticots par rapport aux habitations humaines environnantes dépend essentiellement de la portée des odeurs puantes des substrats. Par ailleurs, les résidus des substrats de production doivent être bien gérés pour éviter une éventuelle libération de mouches adultes dans l'environnement suite à une mauvaise récolte. Ces résidus peuvent être utilisés pour fertiliser les sols (Bloukounougoualan *et al.* 2017).

PROFIL MICROBIOLOGIQUE DE TROIS MEILLEURS SUBSTRATS DE PRODUCTION D'ASTICOTS EN OVIPOSITION NATURELLE

Les risques de contamination biologique sont investigués lors de notre étude par des analyses microbiologiques des substrats de production recueillis à différents endroits ainsi que les asticots produits par ces substrats. Les résultats des dénombrements montrent que les trois types de substrat comportent la flore aérobie

mésophile totale, les coliformes totaux et les coliformes fécaux avant et après la production d'asticots. Ces résultats confirment ceux de Kenis *et al.* (2018) qui ont rapporté que les risques d'intoxications alimentaires sont liés aux substrats de production et ne dépendent pas des espèces de mouches. Dans la même logique, Nkegbe *et al.* (2018) ont souligné que les principaux risques sanitaires proviennent des substrats et que chaque type de substrat peut être une source de divers risques. Il importe alors de tenir compte de l'origine et de la nature des substrats de production. Ceci peut sous-tendre la préférence des aviculteurs du Bénin portée principalement vers le son de maïs, le son de soja et les viscères de poisson comme les substrats les plus adaptés à la production d'asticots en oviposition naturelle (Pomalegni *et al.*, 2017).

PROFIL MICROBIOLOGIQUE DES ASTICOTS FRAIS PRODUITS EN OVIPOSITION NATURELLE

Les asticots produits à partir du substrat MSV ont des charges microbiennes inférieures à 5x10⁵ UFC/g pour la FAMT et à 10³ UFC/g pour les CT et CF. La qualité hygiénique des asticots produits est alors satisfaisante pour la FAMT et médiocre pour les CT et CF selon les normes MAPAQ (2019). Les charges microbiennes portées par les asticots sont largement inférieures à celles des substrats post-productions à partir desquels les asticots sont récoltés. Ceci indique que la relation d'interdépendance établie entre les substrats de production et les asticots produits par Charlton *et al.* (2015) ; concernant les pesticides, les métaux lourds, les contaminants vétérinaires et autres résidus chimiques, n'est pas totalement vérifiée pour les germes pathogènes prospectés. De même, les résultats de notre étude ne corroborent pas ceux de Tendoung *et al.* (2017) et Brits *et al.* (2017) qui ont montré que la valeur nutritionnelle des asticots dépend de la teneur en macronutriments des substrats. Cette différence considérable observée entre la qualité microbiologique des substrats de production et celle des asticots qui en sont issus peut être expliquée par la propriété antibactérienne des asticots. A cet effet, Hou *et al.* (2007) ont démontré que les asticots de *Musca domestica* contiennent la peptide Hf-1 inhibitrice de plusieurs germes pathogènes tels que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*,

Staphylococcus aureus et *Bacillus subtilis*. Les asticots de *H. illucens* sont également reconnus comme réducteurs de la charge microbienne des substrats, particulièrement celle de *Escherichia coli* et de *Salmonella Enteritidis* (Erickson *et al.*, 2004 ; Lui *et al.*, 2008). Nonobstant cette propriété antibactérienne des asticots, Erickson *et al.* (2004) ont révélé que les asticots peuvent être contaminés suite à un long séjour dans un substrat contaminé.

EFFET DE L'HARMATTAN SUR LA PRODUCTIVITE DES SUBSTRATS

Il faut remarquer que seuls les asticots produits dans le mélange du son de maïs, du son de soja et des viscères de poisson sont obtenus et analysés au cours de nos travaux à cause de la très faible productivité des autres substrats utilisés (mélange de crottes de lapin et de fientes de volaille ; déjections de porc). Nos essais étant effectués pendant le mois de décembre (une période de saison sèche) et en plein harmattan au Bénin, la faible productivité de ces deux substrats est similaire aux résultats obtenus par Nzamujo (1999) au Bénin, Bouafou *et al.* (2006) en Côte d'Ivoire et ceux obtenus par Sanou *et al.* (2019) au Burkina-Faso. Ces auteurs ont révélé que la productivité baisse en saison sèche et particulièrement dans la période de harmattan. Par ailleurs, nos observations lors des essais nous ont permis de remarquer que le seul substrat ayant produit des asticots a été colonisé par des *Calliphoridae* ou mouches à viandes. La productivité du seul substrat s'explique donc par la présence des viscères de poisson qui sont des puissants attractifs des mouches à viandes. Bouafou *et al.* (2006) ont démontré que les mouches à viande assurent majoritairement l'ensemencement des substrats contenant des résidus d'animaux tandis que Pomalegni *et al.* (2017) ont indiqué que la présence des viscères de poisson fait appel majoritairement aux mouches à viandes.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La production des asticots par le système d'oviposition naturelle des mouches n'augmente pas l'effectif des mouches dans l'environnement. Pour l'installation d'un tel système, le choix du milieu (éviter les agglomérations), l'intensité des odeurs et le choix approprié du lieu de provenance des substrats notamment les déjections animales (élevage touché par une

maladie légalement contagieuse à déclaration obligatoire) sont les facteurs à considérer. Les trois types de substrat de production renferment la flore aérobie mésophile totale, les coliformes totaux et les coliformes fécaux. Néanmoins, les charges microbiennes des asticots sont conformes aux références normatives pour ces germes pathogènes. La capacité antimicrobienne des asticots est alors favorable pour une meilleure qualité hygiénique des asticots produits. Les aviculteurs traditionnels doivent ainsi choisir des substrats moins répugnants comme les déchets de restauration pour la production d'asticots en oviposition naturelle afin d'éviter l'inconfort dans l'environnement immédiat du lieu de production.

REFERENCES

- Aron M., Grasse P. 1960. Précis de biologie animale. 6^{ème} édition. Masson et Cie, 1413 pp.
- Ayssiwede S. B., Dieng A., Houinato M. R. B., Chrysostome C. A. A. M., Issay I., Hornick J-L., Missouhou A. 2013. Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne : état des lieux et contraintes. Ann. Méd. Vét. 157, 103-119.
- Banjo A.D., Lawal O.A., Adeduji O.O. 2005. Bacteria and fungi isolated from housefly (*Musca domestica* L.) larvae. African Journal of Biotechnology, 4 (8): 780 – 784.
- Blanchot P. 1992. Nouveau répertoire bibliographique et nouvelles données biologiques sur les parasites de *Musca domestica* L. (Dipt.: Muscidae). EPHE, Biol Evol Insectes 5:1-54.
- Blanchot P. 1991. Importance médicale et vétérinaire de *Musca domestica*. EPHE, Biol Evol Insectes. 07pp.
- Bloukounon-Goubalan A. Y., Saidou A., Clotey V., Chrysostome C. A. A. M., Kenis M., Mensah G. A. 2017. Typology of organic residues attracting flies and their utilization in the agricultural sector in southern Benin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(6): 2560-2572.
- Bouafou K.G.M., Kouame K.G., Amoikon K.E., Offoumou A.M. 2006. Potentiel pour la production d'asticots sur des sous-produits en Côte d'Ivoire, Tropicultura, 24 : 3, 157-161.
- Bouafou K.G.M., Kouamé K.G., Offoumou A.M. 2007. Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés, Tropicultura, 25 : 2, 70-74
- Brits D., Richards C. S., Pryke J. S., Villet M. H. 2017. Improving feeding efficiencies of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae: Hermetiinae) through manipulation of feeding conditions for industrial mass rearing. Master's thesis of AgriScience in the Faculty of Conservation Ecology and Entomology at Stellenbosch University. 165p.
- Charlton A.J., Dickinson M., Wakefield M.E., Fitches E., Kenis M., Han R., Zhu F., Kone N., Grant M., Devic E., Bruggeman G., Prior R., Smith R. 2015. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. Journal of Insects as Food and Feed 1, 7-16.
- Edénakpo K. A., Ahoyo Adjovi N. R., Pomalegni S. C. B., Anato C. H., Amagnide A., Aboh A. B., Chrysostome C. A. A. M. et Mensah G. A. 2020a. Influence des rations alimentaires à base d'asticots sur la reproduction des poulets locaux au Bénin. Agronomie Africaine. 32 (1) : 15– 24.
- Ekoue S. E., Hadzi Y. A. 2000. Production d'asticots comme source de protéines pour jeunes volaille au Togo – Observations préliminaires. Tropicultura, 18: 4, 212-214.
- Erickson M. C., Islam M., Sheppard C., Liao J., Doyle M. P. 2004. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar *enteritidis* in chicken manure by larvae of the black soldier fly. Journal of Food Protection 67 : 685–690.
- Holt P.S., Geden C.J., Moore R.W., Gast R.K. 2007. Isolation of *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* from houseflies (*Musca domestica*) found in rooms containing *Salmonella* serovar *Enteritidis*-challenged hens. Applied and Environmental Microbiology 73: 6030-6035.
- Hou L., Shi Y., Zhai P., Le G. 2007. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. Food Control, 18(11): 1350–1357.
- ISO 4833. 2003. Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes - Technique de comptage des colonies à 30° C. ISO. p.9.
- ISO 4832 : 2006. Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes - Méthode par comptage des colonies. ICS : 07.100.30 Microbiologie alimentaire. Ed 3. 6p.
- Kenis M., Bouwassi B., Bofo H., Devic E., Han R.,

- Koko G., Koné N., Maciel Vergara G., Nacambo S., Pomalegni S. C. B., Roffeis M., Wakefield M., Zhu F., and Fitches E. 2018. Small-Scale Fly Larvae Production for Animal Feed.
- Koné N., Sylla M., Nacambo S., Kenis M. 2017. Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3): 177-186.
- Lieberman S., Enig M.G., Preuss H.G. 2006. A review of monolaurin and lauric acid. Natural virucidal and bactericidal agents. *Altern Complement Ther*; 12:310e4.
- Lubac S. 2008. La mouche domestique en élevage de volaille. Itavi. 06p.
- MAPAQ. 2019. Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Agriculture, pêche et alimentation, Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires, Gouvernement du Québec, Dépôt légal 2019, Bibliothèque nationale du Québec, Bibliothèque nationale du Canada, ISBN 978-2-550-84613-0.
- Nelson W., Harris B. 2006. Flies, fingers, fomites, and food. Campylobacteriosis in New Zealand food-associated rather than food-borne. *New Zealand Medical Journal*, 119 :1-7.
- NF V08-060. Avril 2009. Microbiologie des aliments - Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C.
- Nkegbe E. K., Adu-Aboagye G., Affedzie O. S., Nacambo S., Bofo A. B., Kenis M., Wallace P. 2018. Potential health and safety issues in the small-scale production of fly larvae for animal feed-A review. *Ghanaian Journal of Animal Science*, Vol. 9 No.1.
- Nzamujo O. P. 1999. Technique for maggot production. The Songhai experience. Unpublished Report.
- Ossey Y. B., Koumi A. R., Koffi K. M., Atse B. C., Kouame L. P. 2012. Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchnus longifilis* (Valenciennes, 1840). *J. Anim. Plant Sci.* 15, 2099-2108
- Pomalegni S. C. B. 2017. Perceptions, performances zootechniques et qualité nutritionnelle de la viande de poulets locaux (*Gallus gallus*) nourris avec des rations alimentaires à base de larves de mouche (*Musca domestica*, Linnaeus 1758) au Bénin, Thèse de Doctorat Unique. Université d'Abomey-Calavi (UAC), Faculté des Sciences Agronomiques. 266p.
- Pomalegni S. C. B., Vignonzan C. M., Tankpinou M. K., Dassou B. B. D., Gbemavo D. S. J. C., Kpade C. P., Mensah G. A. 2017. Technique de récolte des larves de mouche par un extracteur pour l'alimentation animale, fiche technique. Dépôt légal N°9549 du 04/08/2017, Bibliothèque Nationale du Bénin 3ème trimestre. ISBN 978-99919-801-8-8
- Pomalegni S. C. B., Gbemavo D. S. J. C., Kpadé C. P., Babatoundé S., Chrysostome C. A. A. M., Koudandé O. D., Kenis M., Glèlè Kakaï R. L., Mensah G. A. 2016. Perceptions et facteurs déterminant l'utilisation des asticots dans l'alimentation des poulets locaux (*Gallus gallus*) au Bénin. *Journal of Applied Bioscience* 98 : 9330 – 9343.
- Pomalegni S. C. B., Gbemavo D. S. J. C., Babatoundé S., Chrysostome C. A. A. M., Koudandé O. D., Glèlè Kakaï R. L., Mensah G. A. 2016. Synthèse bibliographique sur les insectes et autres invertébrés comestibles utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 80 : 1025-2355.
- Pomalegni S. C. B., Gbemavo D. S. J. C., Kpadé C. P., Kenis M., Mensah G. A. 2017. Traditional use of fly larvae by small poultry farmers in Benin. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3): 187-192
- Sanou A. G., Sankara F., Pousga S., Coulibaly K., Nacoulma J. P., Ouedraogo I., Nacro S., Kenis M., Sanon A., Somda I. 2019. Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera : Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso : Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Biosciences* 134 : 13689 – 13701. ISSN 1997-5902.
- Selma O., Alloui N. 2015. Biosecurity in Poultry Production. *Researchgate*, 2 :1, 3049-7121.
- Tendonkeng F., Miégoué E., Lemoufouet J., Mouchili M., Matimuini N. F., Mboko A. V., Fogang Zogang B., Mweugang N. N., Zougou T. G., Boukila B., Pamo T. E. 2017. Production et composition chimique des asticots en fonction du type de substrat. *Livestock Research for Rural Development*, 29:4, 67pp. ISSN : 0121-3784.
- Yapoga B. O., Koumi A. R., Koffi K. M., Atse B. C., Kouame L. P. 2012. Utilisation du soja, de la cervelle bovine et de l'asticot comme sources de protéines alimentaires chez les larves de *Heterobranchnus longifilis* (Valenciennes, 1840), *Journal of Animal & Plant Sciences.* 15: 1, 2099-2108.