

Amélioration de techniques de production, d'extraction et de séchage des larves de mouches domestiques (*Musca domestica* Linnaeus, 1758) utilisées dans l'alimentation des volailles au Burkina Faso

Florence SANKARA^{1*}, Fernand SANKARA¹, Salimata POUSGA¹, Kalifa COULIBALY¹, Jacques Philippe NACOULMA¹, Irénée SOMDA¹, Marc KENIS²

¹Université Nazi BONI (UNB), 01 P.O. Box 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

²Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), 1 Rue des Grillons, Delémont, Switzerland

*Auteur correspondant E-mail : floresankara21@gmail.com ; Téléphone : +226 70436385 / 76568487.

Mots clés : *Musca domestica*, asticots, substrats, alimentation pour volaille, Burkina Faso.

Keywords: *Musca domestica*, maggots, substrates, poultry feed, Burkina Faso.

Date of Acceptance 19/08/2021, Publication date 31/10/2021, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RESUME

Les larves de mouches domestiques (asticots) sont utilisées comme apport protéinique pour la volaille en Afrique de l'Ouest. Les asticots sont obtenus en exposant des substrats aux mouches présentes dans la nature. Cette étude vise à améliorer les techniques de production et d'extraction des asticots et à mettre au point des méthodes simples de séchage. Pour atteindre ces objectifs, nous avons mené des essais en station au sud-ouest du Burkina Faso. La productivité en asticots de différents substrats et récipients ainsi que des techniques d'extraction et de séchage des asticots ont été testées dans le but d'identifier les meilleures. Les résultats ont montré que les meilleurs substrats sont la fiente de volaille (128,63g d'asticots / kg de substrat), les crottins de petits ruminants additionnés de déchets de poissons frais (144,70g / kg), le son de maïs mélangé avec la fiente de volaille (124,65g / kg) suivi de la bouse de vache mélangée avec la fiente de volaille (73,70g / kg). Les meilleurs récipients de production d'asticots sont ceux en plastiques et en terre cuite. La méthode d'extraction des larves avec les tamis s'est avérée la plus efficace et l'étalage des asticots au soleil sur des sacs, du plastique noir ou des plateaux en fer constitue les meilleures techniques de séchage. Pour une meilleure production des asticots, il serait donc conseillé d'utiliser soit la fiente de volaille, soit les crottins de petits ruminants plus déchets de poissons frais dans des récipients en plastique ou en terre cuite.

Improvement of techniques of production, extraction and drying of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus, 1758) used in poultry feed in Burkina Faso.

ABSTRACT

House fly larvae (maggots) are used as a protein source for poultry in West Africa. Maggots are obtained by exposing substrates to flies in nature. This study aims to improve techniques of production and extraction of maggots and to develop simple methods for drying maggots. To achieve these objectives, experiments were carried out in south-west Burkina Faso. The maggot productivity of different substrates and containers as well as maggot extraction and drying techniques were tested in order to identify the most suitable ones. The results showed that the best substrates were poultry manure (128.63 g maggots / kg of substrate), small ruminant manure with fresh fish waste (144.70 g / kg), corn bran mixed with poultry manure (124.65 g / kg) followed by cow dung mixed with poultry manure (73.70 g / kg). The best containers are those made of plastic and terracotta. A method of extracting the larvae with a sieve was found to be the most efficient and displaying the maggots in the sun on bags, black plastic or iron trays is the best drying technique. For a better production of maggots, it would be advisable to use either poultry manure or small ruminant manure with fresh fish waste in plastic or terracotta containers.

2 INTRODUCTION

Premières sources de revenus monétaires des ménages ruraux au Burkina Faso, l'agriculture et l'élevage permettent d'accéder aux services sociaux de base (MRAH, 2013). Parmi les sous-secteurs de l'élevage, l'aviculture, avec 42 220 000 têtes (MRAH, 2015) joue un rôle très important dans la vie socioculturelle des populations (Fotsa *et al.*, 2007). En effet, les volailles sont élevées pour la génération de revenus à travers la vente, pour la consommation locale et aussi pour les pratiques rituelles, religieuses, coutumières et sociales (Pousga, 2009). Cependant, l'aviculture fait face à de nombreux problèmes dont la carence des rations en protéines. La difficulté d'approvisionnement en aliments et l'insuffisance de devises destinées à l'importation de ces aliments contribuent fortement à aggraver cette situation (Mpoame *et al.*, 2004). Les insectes sont une source importante de protéines et un aliment naturel de nombreux animaux d'élevage (Kenis *et al.*, 2014). Dans le cadre d'un régime équilibré, ils peuvent contribuer à une bonne croissance de la volaille, des porcs et des poissons (Makkar *et al.*, 2014 ; Lokela, 2015 ; Pastor *et al.*, 2015). Les insectes les plus prometteurs en termes de production industrielle comme source d'aliments

complémentaires pour le bétail sont les larves de mouche, les vers de farine ou ténébrion, les vers à soie et les sauterelles (Van Huis *et al.*, 2013). De nombreux travaux ont démontré que les larves des mouches, en particulier celles de la mouche domestique (*Musca domestica*) et la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*, Linnaeus, 1758) permettent d'obtenir une source de protéines pouvant remplacer avantageusement les farines de poissons (Bouafou *et al.*, 2011 ; Van Huis, 2013 ; Makkar *et al.*, 2014) et pouvaient être facilement produites en milieu rural (Koné *et al.*, 2017 ; Pomalégny *et al.*, 2017a ; Kenis *et al.*, 2018 ; Sanou *et al.*, 2018 ; Ganda *et al.*, 2019). Pourtant, ces insectes sont encore peu utilisés dans la nutrition aviaire. Pomalégny *et al.*, (2016) ont montré que près de 6% des aviculteurs béninois nourrissent leur volaille au moins occasionnellement avec des larves de mouche domestique. Au Burkina Faso, selon Sanou *et al.*, (2019a), plus de 15% des aviculteurs ont déjà utilisé des larves de mouches domestiques pour nourrir la volaille, mais seulement 7% le font encore aujourd'hui. La technique traditionnelle de production des larves de mouches domestiques consiste à exposer, dans un récipient, un substrat d'origine végétale ou

animale et attendre que les mouches viennent naturellement pondre, pour récolter les asticots quelques jours plus tard (Pomalégni *et al.*, 2017a ; Sankara, 2017 ; Sanou *et al.*, 2019b). Une meilleure adoption de l'utilisation des larves de mouches et des insectes en général, dans l'alimentation de la volaille indigène en Afrique pourrait en partie résoudre les carences en protéines de leur alimentation. Pour ce faire, les techniques de production doivent être améliorées pour les rendre plus efficaces et

plus rentables (Kenis *et al.*, 2018 ; Roffeis *et al.*, 2018). C'est dans cette optique que la présente étude a été menée avec pour objectif global d'améliorer l'alimentation de la volaille au Burkina Faso par l'utilisation des larves de mouches domestiques. Il s'agit plus précisément d'améliorer les techniques de production et d'extraction des larves de mouches domestiques et de mettre au point des procédés simples de séchage des larves pour des utilisations ultérieures.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Présentation du milieu d'étude : Les tests sur la production, l'extraction et le séchage des asticots ont été réalisés à l'animalerie de l'Institut du Développement Rural (IDR) située au sein de l'Université Nazi BONI (ex-Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso) au Burkina Faso. Cette université est située dans le village de Nasso, à 15 km au nord-ouest de la ville de Bobo-Dioulasso avec les coordonnées géographiques suivantes : 11°13'0" latitude nord et 4°25'60" longitude ouest (**Figure 1**). Le village de Nasso fait partie du climat sud soudanien

caractérisé par une saison sèche et une saison de pluie variant respectivement de 5 à 7 mois (Guinko, 1984). La pluviométrie relativement abondante est comprise entre 800 et 1100 mm. Les températures moyennes annuelles varient entre 25 °C et 30 °C. La végétation est de type sud-soudanien et présente un développement important des espèces ligneuses formant des savanes boisées et des forêts galeries le long des cours d'eau. La région abrite les plus vastes aires protégées du pays (MED, 2005).

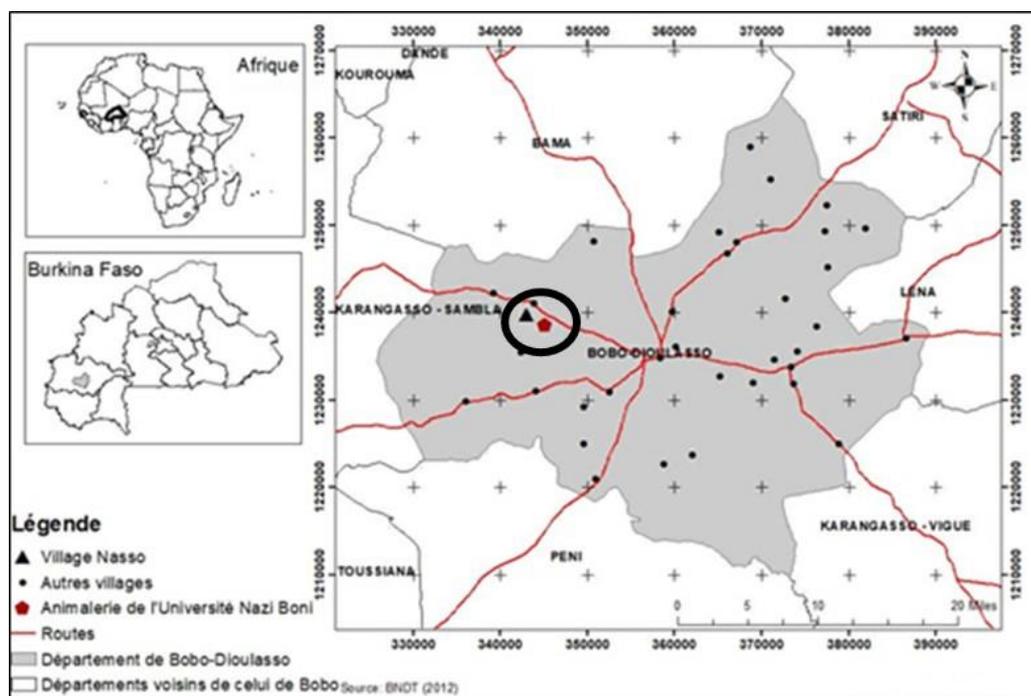


Figure 1 : Présentation du site d'expérimentation

Le site de l'animalerie de l'IDR offre un cadre idéal pour la production des asticots. En effet, il est entouré de champs de culture et il a été noté la présence d'éleveurs, faisant de cet environnement un milieu assez naturel qui ressemble aux sites de production des asticots en milieu rural. Aussi, l'animalerie est éloignée des maisons d'habitations ce qui a permis d'éviter que les mouches et les odeurs ne dérangent les humains.

3.2 Étude de l'influence des substrats et des attractifs sur la production des asticots :

L'étude de l'influence des substrats sur la production des asticots a été réalisée de janvier à février 2017. Pour se faire, cinq types de substrats, à savoir la fiente de volaille, le son de maïs, le son de riz, la bouse de vache et les crottins de petits ruminants ont été utilisés. Des récipients en plastique (diamètre : 27,5 cm ; profondeur : 20 cm) ont servi de contenant pour les différents types de substrats et les tests ont été répétés vingt (20) fois pour chaque type de substrat (Photo 1).



Photo 1 : Récipients de production

Un kilogramme (kg) de chaque substrat a été utilisé par récipient. Dans cette expérience, la fiente de volaille a été choisie comme substrat témoin parce que des essais préliminaires ont montré que parmi les cinq substrats, c'est elle qui produit le plus d'asticots. De ce fait, dans tous les essais, la fiente de volaille a été utilisée sans apport d'attractifs. Les substrats ont été exposés à la ponte des mouches suivant un bloc complètement randomisé (BCR) aux environs de 8 h du matin. Pour la production, les combinaisons de substrats et d'attractifs suivants ont été réalisées :

- Les substrats tels que la fiente de volaille, le son de maïs, le son de riz, la bouse de vache et les crottins de petits ruminants ont d'abord été utilisés sans apport d'attractifs. Chaque substrat a été mélangé avec 1,5 l d'eau. Nous avons ajouté 0,25 l d'eau à la fiente de volaille

et aux crottins de petits ruminants car ces substrats sont plus secs que les autres, ceci afin d'amener les substrats au même niveau apparent d'humidité.

- ensuite, les mêmes substrats avec les mêmes quantités d'eau ont été fermentés pendant 48 h dans des seaux en plastique hermétiquement fermés avant d'être utilisés pour la production des asticots.
- puis, nous avons combiné 500 g de son de riz, de son de maïs, des crottins de petits ruminants et de bouse de vache chacun individuellement avec 500 g de fiente de volaille et 1.5l d'eau.
- ensuite, un attractif constitué de déchets de poissons frais obtenus au marché a été utilisé pour la production. À cet effet, nous avons ajouté 1,5 l d'eau à la fiente de volaille et 1, 25l d'eau au son de riz, son de maïs, crottins de petits ruminants

- et à la bouse de vache. Après avoir bien mélangé les substrats avec l'eau, 250g de déchets de poissons frais ont été étalés au-dessus de chaque substrat, sauf sur la fiente de volaille utilisée comme substrat témoin.
- enfin, nous avons utilisé comme autre attractif du *soumbala* (graines de *Parkia biglobosa* fermentées) pilé et fermenté pendant 24 h dans un bocal en plastique hermétiquement fermé. Le *soumbala* est un condiment connu pour son odeur forte et pour attirer naturellement les mouches. Les quantités d'eau ont été les mêmes que celles du test précédent ainsi que la procédure de production.

Pour la production, chaque type de substrat a été mélangé de façon homogène avec l'eau de telle sorte qu'il ne soit ni trop sec ni trop humide pour favoriser la ponte et un bon développement des asticots. Les récipients contenant chaque substrat ont été exposés à l'air libre dans un endroit ombragé et à l'abri des intempéries pendant 24 h. Après 24 h d'exposition les différents substrats ont été recouverts d'un sac de conditionnement de céréales en fibres plastiques permettant une bonne aération afin d'éviter des pontes ultérieures et d'obtenir des asticots de taille homogène. Les asticots ont été récoltés, nettoyés et pesés au cinquième jour de l'installation de l'essai. Le paramètre mesuré est le poids des asticots frais produits en fonction de chaque type de substrat.



Photo 2 : Processus de production des asticots de *Musca domestica*

3.3 Étude de l'influence des récipients sur la production des asticots : Cette étude

s'est déroulée en février 2017 avec trois types de récipients. Il s'agit des récipients en plastique

(plat, diamètre : 27,5 cm ; profondeur : 20 cm), en fer (seau, diamètre : 28 cm ; profondeur : 24,5 cm) et en terre cuite de type « canari » (diamètre : 25,5 cm ; profondeur : 26 cm). Cinq substrats ont été utilisés à savoir la fiente de volaille, le son de maïs fermenté, le son de riz fermenté, les crottins de petits ruminants avec des déchets de poissons frais (comme attractif) et la bouse de vache mélangée avec la fiente de volaille. Les tests ont été répétés vingt (20) fois pour chaque type de substrat et pour chaque type de récipient. Un kilogramme de chaque substrat a été mélangé avec de l'eau dans ces différents types de récipients de sorte à obtenir une surface rugueuse. Les substrats n'ayant pas la même teneur en eau, 1,5 l d'eau a été ajoutée à chaque substrat et 0,25 l d'eau supplémentaire a été ajouté à la fiente de volaille et aux crottins de petits ruminants. Ensuite, les substrats ont été exposés à la ponte des mouches suivant un bloc complètement randomisé pendant 24 h avant d'être recouverts à l'aide d'un sac de conditionnement de céréales en fibres plastiques. Au cinquième jour après l'exposition des substrats, les asticots ont été récoltés, nettoyés et pesés. Le paramètre mesuré a été le poids des asticots frais produits en fonction des différents types de récipient.

3.4 Méthodes d'extraction des asticots :

Pour séparer les asticots des substrats de production, deux méthodes ont été utilisées et chaque méthode a été répétée cinq fois pour chacun des substrats. La première méthode a consisté à utiliser le caractère lucifuge des asticots. En effet, comme les asticots n'aiment pas la lumière, ils fuient la couche supérieure des substrats en faveur des couches les plus profondes. Cette couche supérieure est donc raclée puis mise de côté. La même procédure est répétée avec les couches suivantes, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que les asticots et quelques résidus de substrat. Ce mélange asticots-résidus de substrats est renversé dans un tamis de maille 3*3 mm reposant sur un bac de récolte. Les asticots migrent à travers les mailles du tamis et tombent dans le bac destiné à les cueillir. La deuxième méthode a consisté à verser tout le mélange d'asticots et de substrat dans une

passoire en plastique (longueur : 20 mm; largeur : 2 à 3 mm) reposant sur un récipient en plastique pendant 24 h avant la récolte. Les asticots migrent à travers les mailles de la passoire et tombent dans le récipient en plastique. La récolte se fait donc à travers le contrôle du contenu du récipient sous la passoire et la fouille systématique du substrat pour extraire les asticots restants. Pour les deux méthodes, les paramètres étudiés sont la proportion d'asticots frais récoltés et le temps de récolte. La propreté de ces asticots après extraction a été observée de façon qualitative (en vérifiant la présence des résidus de récolte dans les asticots récoltés) pour les deux méthodes.

3.5 Méthodes de séchage des asticots :

Pour sécher les asticots, nous avons testé cinq (05) méthodes différentes et chaque méthode a été répétée cinq fois. Cinq cents (500) grammes d'asticots ont été utilisés pour chaque méthode:

- la première a consisté à étaler directement les asticots vivants sur des plateaux en fer aux bords surélevés au soleil pendant 3 jours en raison de dix (10) heures par jour;
- la seconde a consisté à faire sécher les asticots au soleil, après les avoir plongés dans l'eau chaude (100 °C) pendant cinq (05) seconds, sur des sacs de conditionnement de céréales en fibres plastiques, des sachets plastiques noirs et sur des plateaux en fer aux bords surélevés pendant 3 jours en raison de dix (10) heures par jour ;
- la troisième a consisté à faire sécher les asticots à l'ombre après les avoir plongés dans l'eau chaude (100 °C) pendant cinq (05) seconds, sur des sacs de conditionnement de céréales, des sachets plastiques noirs et sur des plateaux en fer pendant 3 jours ;
- la quatrième a consisté à faire sécher les asticots à l'étuve pendant 72 heures à 70 °C après les avoir plongés dans l'eau chaude (100 °C) pendant cinq (05) seconds.

- la cinquième méthode a consisté à sécher les asticots en les grillant dans une casserole en fer léger sur du charbon à feu doux pendant 45 mn.

Les asticots sont pesés après toutes les 24 h durant trois jours pour les quatre (04) premières méthodes. Le paramètre mesuré a été le temps de séchage. L'aspect des asticots séchés a été observé en comparant les couleurs.

4 RESULTATS

4.1 Effets des substrats et des attractifs sur la production des asticots : L'étude sur la production des asticots avec les substrats bruts a montré que les quantités d'asticots produites varient en fonction des substrats (**Figure 2**). Seule la fiente de volaille a montré une forte production de larves intéressante (139 g). Les quatre autres substrats bruts à savoir le son de maïs, le son de riz, les crottins de petits ruminants et la bouse de vache ont produit de faibles quantités d'asticots. La fermentation des substrats n'a que très légèrement augmenté la production des substrats (**Figure 3**). Le mélange de fiente de volaille avec les autres substrats (**Figure 4**) a montré que le mélange avec le son

3.6 Analyse statistique des données : Le tableur Microsoft Excel 2013 a été utilisé pour représenter les différentes figures du document. Le logiciel XLSTAT 2015 a été utilisé pour l'analyse des résultats. Pour chaque test, l'analyse de variances (ANOVA) a été réalisée afin de comparer les valeurs moyennes des différentes variables considérées. Le test de Tukey a été utilisé pour la séparation des moyennes au seuil de 5 %.

de maïs a donné des résultats semblables à la fiente de volaille seule (124,65 g). Parmi les autres mélanges, celui avec la bouse de vache a donné de meilleurs résultats (73,70 g) que ceux avec les crottins de petit ruminant et le son de riz. L'ajout de déchets de poisson a surtout été profitable aux crottins de petits ruminants qui ont été plus productifs que le témoin fientes de volaille (144,70 g). Par contre, ils ont peu amélioré les trois autres substrats (**Figure 5**). L'ajout de *soumbala* a été moins efficace que celui des déchets de poissons et aucun substrat avec le *soumbala* n'a donné de rendement semblable au témoin fientes de volaille (**Figure 6**).

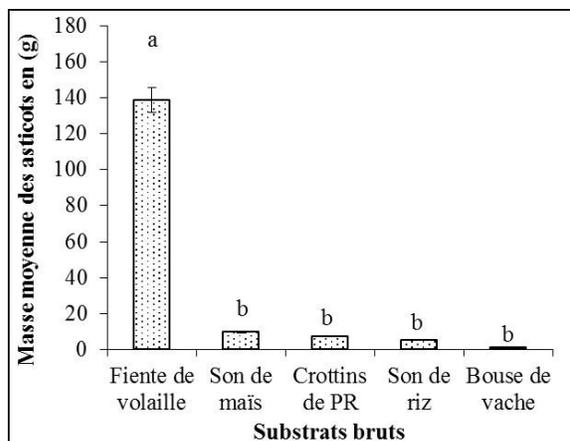


Figure 2 : Poids moyen (\pm erreur standard) des asticots récoltés sur les substrats bruts. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F2 =529,933 ; P<0.0001.

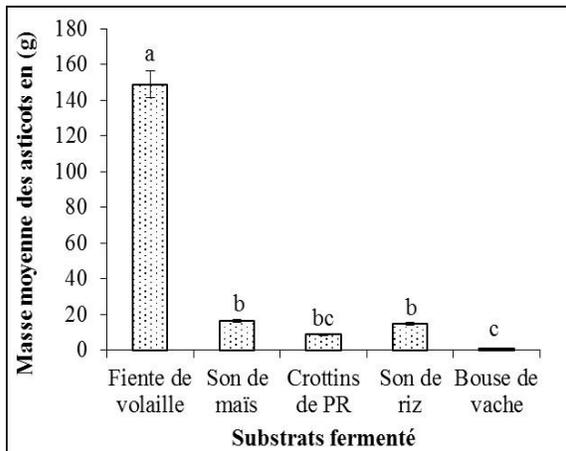


Figure 3 : Poids moyen (\pm erreur standard) des asticots récoltés sur les substrats fermentés. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F3 = 316,734 ; $P < 0.0001$.

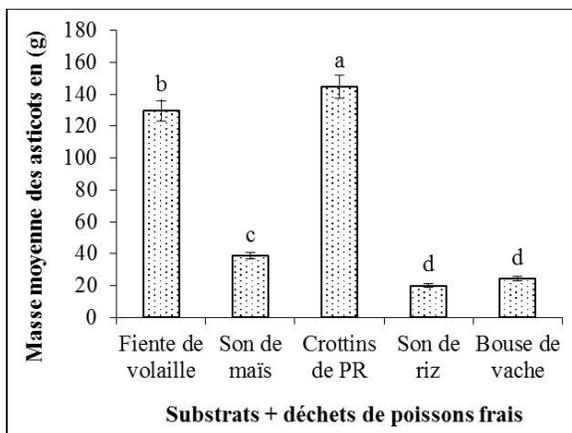


Figure 5 : Poids moyen (\pm erreur standard) des asticots récoltés sur les substrats plus additionnés de déchets de poisson frais, sauf la fiente de volaille utilisée seule. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F5 = 170,536 ; $P < 0.0001$.

4.2 Effets des récipients sur la production des asticots : La production des asticots a varié en fonction des différents récipients utilisés (**Figure 7**). Les résultats montrent qu'avec la fiente de volaille, les récipients en plastique produisent significativement plus d'asticots (148,20 g) que les récipients en terre cuite et les récipients en

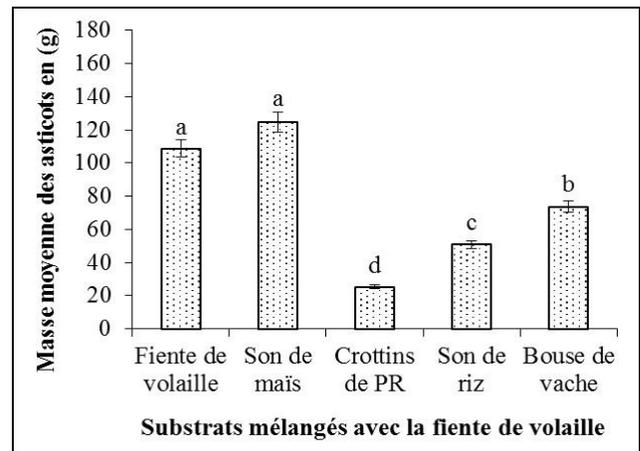


Figure 4 : Poids moyen (\pm erreur standard) des asticots récoltés sur les substrats mélangés avec la fiente de volaille. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F4 = 25,825 ; $P < 0.0001$.

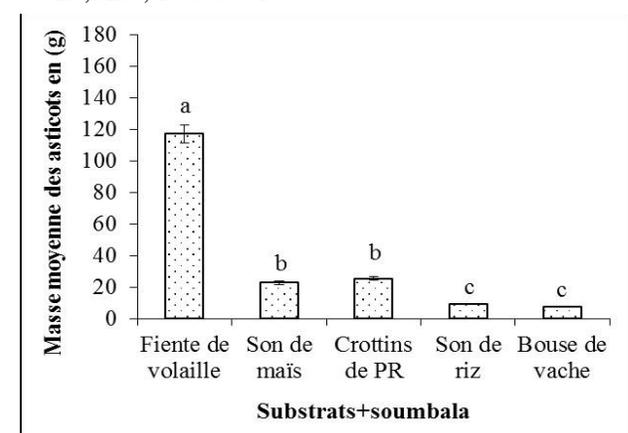


Figure 6 : Poids moyen (\pm erreur standard) des asticots récoltés sur les substrats plus l'attractif *soubala*, sauf la fiente de volaille utilisée seule. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F6 = 168,055 ; $P < 0.0001$.

fer. Ils montrent aussi qu'avec les crottins de petits ruminants additionnés de déchets de poisson comme attractif, il n'y a pas de différence significative entre les différents récipients. Avec les autres substrats, les seaux en fer est moins productif que les canaris et, en général, que les récipients en plastique.

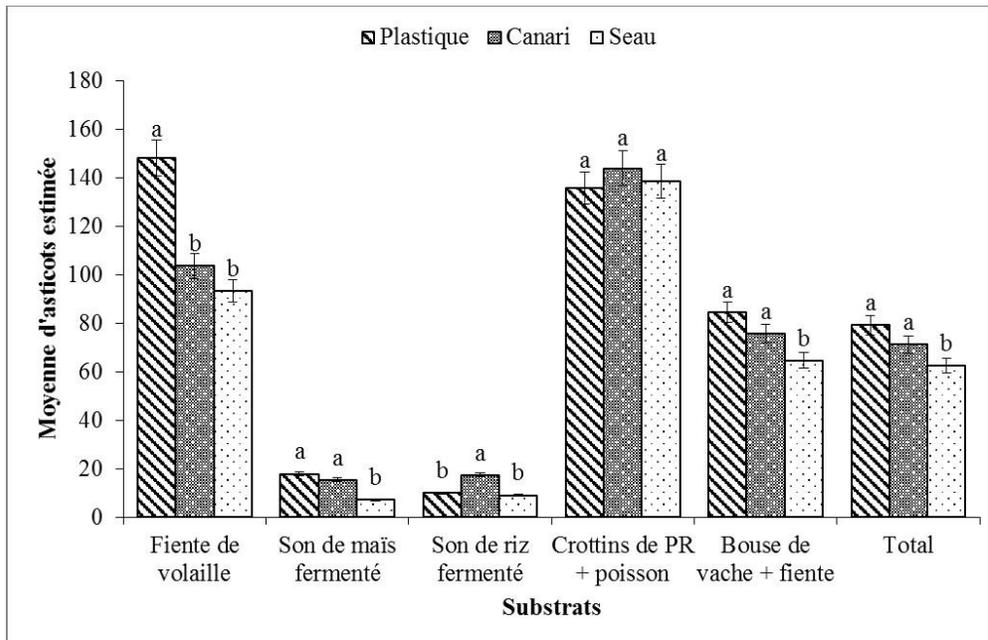


Figure 7 : Influence des récipients sur la production des asticots. Les lignes verticales représentent l'erreur standard. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 2 ; F1 =15,015 ; F2 = 18,376 ; F3 = 20,814; F4 = 0 ,317 ; F5 = 6,914 ; F6 = 2,130. F1 =fiente de volaille, F2 = son de maïs fermenté, F3 = son de riz fermenté, F4 = crottins de petits ruminants plus déchets de poissons frais ; F5 = bouse de vache plus fiente de volaille et F6 = total. P1 = P2 = P3 < 0,0001 ; P4 = 0,729 ; P5 = 0,002 et P6 = 0,121. Les barres surmontées d'une même lettre pour un même substrat indiquent des différences non-significatives.

4.3 Effets des méthodes d'extraction des asticots :

La méthode lucifuge avec les tamis a permis de récolter la quasi-totalité des larves. La **Figure 8** montre les temps de migration des asticots à travers les mailles des tamis en fonction des différents types de substrats. Ce temps de migration a varié de 13 à 20 mn. L'analyse de variances n'a pas montré de différence statistiquement significative entre les temps de migration, mais le temps le plus long a été obtenu avec les crottins de petits ruminants. Ceci est à comparer à la méthode de la passoire qui dure environ 24 h. Le pourcentage moyen

des asticots récoltés avec la méthode de la passoire en fonction des substrats montre que la méthode de la passoire ne permet pas d'extraire la totalité des asticots (**Figure 9**). Deux groupes différents se dégagent : le premier groupe composé du son et de la bouse de vache mélangée avec la fiente de volaille a les pourcentages d'asticots récoltés les plus élevés (77,10 % et 75,64 %) comparativement au deuxième groupe composé de la fiente de volaille (23,05 %) et des crottins de petits ruminants (45,16 %).

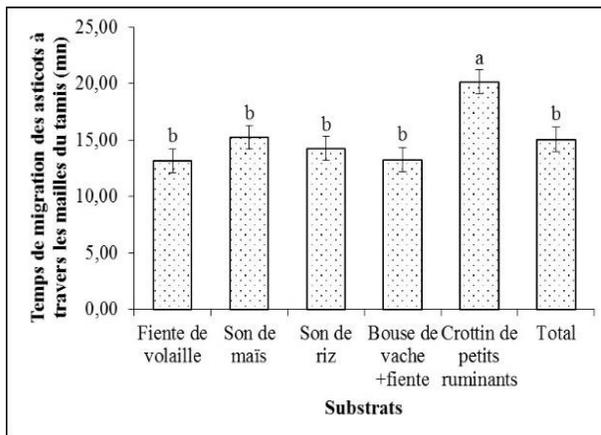


Figure 8 : Temps de migration des asticots (\pm erreur standard) à travers les mailles du tamis en fonction des substrats de production. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 4 ; F8 =10,26 ; P8 = 0,00033.

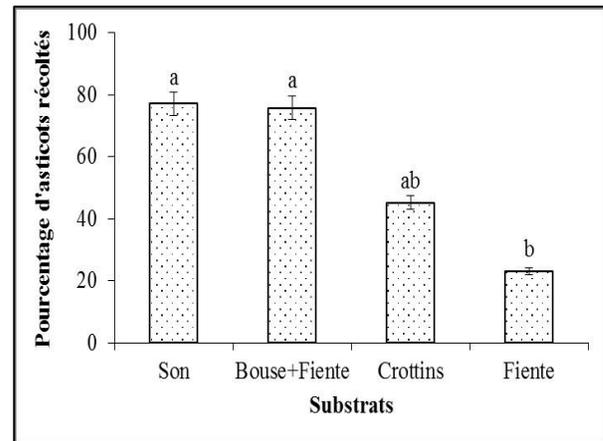


Figure 9 : Pourcentage moyen d'asticots (\pm erreur standard) récoltés avec la méthode de la passoire en fonction des substrats. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 3 ; F9 =10,853 ; P9 < 0,0001.

Une comparaison entre la méthode des tamis et la méthode des passoires a été faite et résumé dans un tableau (**Tableau 1**). Cette comparaison montre que la méthode des tamis est un peu plus fatigante, mais plus rapide (15 mn) et plus efficace que la méthode des passoires (24 h). Le

pourcentage d'asticots récoltés avec la méthode des passoires est très variable (23,05 % à 77,10 %). Par contre, la méthode des passoires permet de récolter les asticots avec moins de résidus de substrats.

Tableau 1 : Comparaison des deux méthodes d'extraction

Entités	Méthode des tamis	Méthode des passoires
Facilité	Un peu fatigant	Moins fatigant
Rapidité	Plus rapide (15 mn) et plus efficace que la passoire	Moins rapide, il faut plus de 24 h pour récolter beaucoup d'asticots
Taux d'extraction	Récolte la quasi-totalité des asticots	Très variable : va de 23,05 % à 77,10 % des asticots. Peut parfois aller jusqu'à 100 %
Propreté	Beaucoup de résidus de substrat après récolte	Moins de résidus de substrats après récolte
Paramètres à prendre en compte	Le type de substrats La taille des asticots La quantité d'eau du substrat	

4.4 Effet des méthodes de séchage des asticots : Les poids des asticots séchés à 24 h, 48 h et 72 h varient en fonction des méthodes de séchage après passage dans l'eau bouillante (**Figure 10**). Elle montre qu'à 24 h et 48h de

séchage, il n'y a pas de différence statistiquement significative de masse entre les méthodes utilisées. À 72 h de séchage, les asticots mis à l'étuve séchent plus vite que ceux placés sur le plastique noir et sur les plateaux en fer.

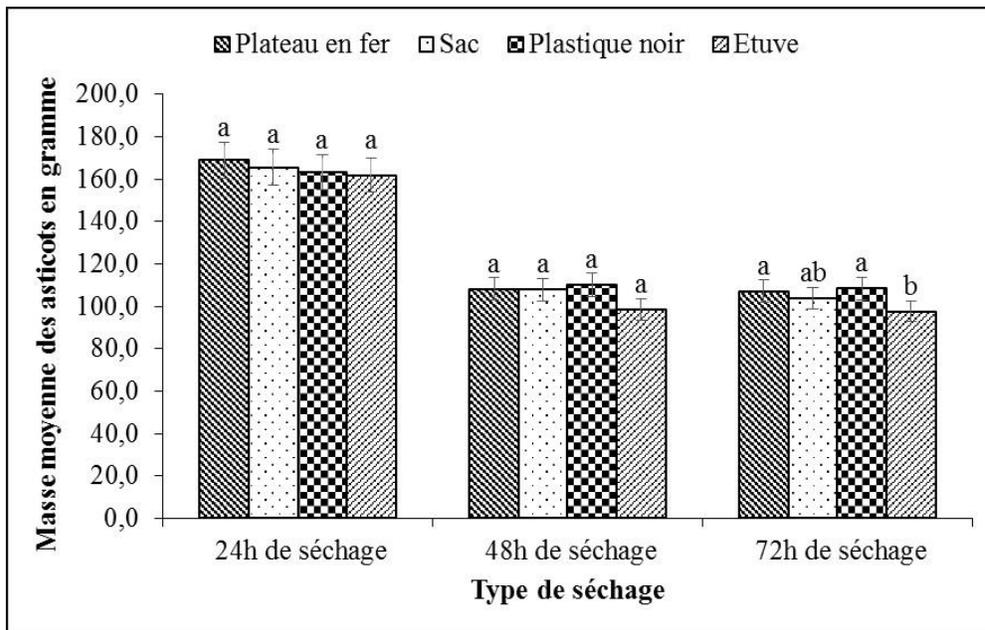


Figure 10 : Poids des asticots séchés (\pm erreur standard) à 24h, 48h et 72h en fonction des techniques de séchage. Les histogrammes surmontés d'une même lettre indiquent des différences non-significatives au seuil de 5%. Anova : ddl = 3 ; F24h = 1,279, F48h = 6,158, F72h = 3,180 et P24h = 0,311, P48h = 0,002, P72h = 0,036. Les barres surmontées d'une même lettre pour un même substrat indiquent des différences non-significatives.

Les poids des asticots séchés à l'ombre, après passage dans l'eau bouillante et ceux des asticots séchés directement au soleil sans passage dans l'eau bouillante sont indiqués dans le **Tableau 2**. Il faut environ 72 à 96 h pour ces types de

séchage. Quant à la méthode de grillade, il faut une quarantaine de minutes (46 mn) pour sécher les asticots. Le poids moyen des asticots grillés est de $124 \pm 13,25$ g.

Tableau 2 : Poids moyen (en g) des asticots séchés à l'ombre et au soleil pendant 24h, 48h, 72h et 96h

Lieu d'exposition	Temps d'exposition en heures			
	24	48	72	96
Ombre	195,6	143,4	110,6	106,4
Soleil	131,4	109,4	107,4	-

4.5 Effets des méthodes de séchage sur l'aspect des asticots secs : L'aspect des asticots séchés a différencié en fonction des méthodes de séchage utilisées. En effet, les asticots grillés ont été bien dorés et moins sombres que les asticots vivants séchés

directement au soleil. Ces asticots sont aussi moins sombres que les asticots mis dans l'eau bouillante, puis séchés au soleil. Les asticots séchés à l'étuve et à l'ombre ont tendance à s'agglomérer. De plus, ceux séchés à l'étuve sont plus clairs que ceux séchés à l'ombre.

5 DISCUSSION

Les tests sur la production des asticots en fonction des substrats ont montré qu'il y a des différences importantes entre les substrats utilisés. Quel que soit le test considéré, la fiente

de volaille a toujours donné de bons résultats. Cela peut s'expliquer par le fait que la fiente de volaille est riche en nutriments et qu'elle est constituée de déjections de volaille, de la litière

de volaille qui aère le milieu, ainsi que des restes de nourriture pour volaille. De plus, elle dégage une odeur forte qui peut attirer les mouches qui viendront pondre. Utilisés à l'état brut, le son de maïs et le son de riz n'ont pas produit beaucoup d'asticots. Cependant, Ganda *et al.* (2019) ont obtenu, avec du son de maïs, des résultats semblables à ceux obtenus avec la fiente de volaille. Les sons de maïs et de riz contiennent beaucoup d'amidon et, dans nos essais, après le mélange avec l'eau, ils deviennent compacts et ne laissent pas circuler l'air. Ainsi, même si les mouches venaient à déposer leurs œufs sur ces substrats et que ces derniers arrivaient à éclore, les larves ne parviendraient pas à se développer convenablement car elles ne pourraient pas se déplacer dans le substrat pour se nourrir. Ces résultats sont en accord avec ceux de Keiding (1986) qui dit que les mouches se trouvent pendant la journée dans les matières organiques meubles où les conditions adéquates à leur reproduction sont réunies. Cependant, lorsqu'on a mélangé le son de maïs avec la fiente de volaille, il a donné de meilleurs résultats, souvent même plus que la fiente de volaille seule. Cela est sûrement dû au fait que la fiente de volaille attire les mouches, mais, surtout, a rendu le son de maïs meuble. Le son de riz mélangé aussi avec la fiente de volaille a produit des asticots, mais en moins grande quantité. De plus, si le taux d'amidon contenu dans ces sons d'origine végétale diminue et qu'ils sont mélangés avec des attractants d'origine animale comme les restes de poissons frais, ils donnent de meilleurs résultats. Dans des expériences similaires au Bénin, Ganda *et al.* (2019) ont obtenu les meilleurs résultats avec un mélange de son de soja (apportant les protéines) et de péricarpe de grain de maïs qui aère le milieu. Ils ont aussi obtenu, en général, des résultats plus satisfaisants avec des substrats d'origine végétale qu'avec des déjections animales, excepté les fientes de volaille. Au contraire, les expériences de Bouafou *et al.* (2006) suggèrent que les ordures d'origine animale ont de bonnes productivités en asticots (30 à 62 %), tandis que les ordures d'origine végétale ont des productivités très faibles en asticots. Quant à la bouse de vache, sa

productivité en asticots est très faible quand elle est utilisée seule mais, mélangée avec des attractifs ou avec la fiente de volaille, elle produit une quantité importante d'asticots. Ceci a également été observé par Ganda *et al.* (2019) et peut être dû au fait que même si la bouse de vache dégage parfois une odeur très forte, elle est très compacte et ne contient peut-être pas assez de nutriments pour le développement des asticots. L'ajout de fientes de volaille aère le milieu et augmente la quantité de nutriments permettant de produire plus d'asticots. Les mouches femelles doivent avoir accès à une nourriture appropriée pour produire leurs œufs (Robertson *et al.*, 2015). Les crottins de petits ruminants produisent beaucoup plus d'asticots avec attractif que seuls. Avec les déchets de poissons frais, ils peuvent produire plus d'asticots que la fiente de volaille. Cela peut s'expliquer par le fait que les crottins de petits ruminants contiennent beaucoup de nutriments, mais ils n'ont pas assez d'odeurs pour attirer les mouches. De ce fait, il faut les associer à des attractifs à forte odeur pour avoir beaucoup d'asticots. Nos résultats sont en accord avec ceux de Koné *et al.* (2017) qui affirment que les déjections des ruminants sont des substrats pauvres pour la production des larves de mouches une fois utilisées sans attractant tel que le sang ou les abats de poissons. La production des asticots en fonction des récipients avec tous les substrats confondus a montré des résultats variables selon les substrats mais, en général, les meilleurs résultats ont été obtenus avec des récipients en plastique et les moins bons avec des récipients en fer. Cela est peut-être dû au fait que les différents récipients régulent la température de façon différente, et cette différence peut varier selon les substrats. Pour l'élevage des larves de *Hermetia illucens*, une autre espèce de mouche utilisée dans l'alimentation animale, il est connu que les conteneurs en plastique ne sont pas souhaitables parce que l'activité des larves chauffe fortement le milieu et les larves sont sensibles aux hautes températures. C'est pourquoi les conteneurs en métal, qui permettent à la chaleur de s'échapper, sont préférés aux conteneurs en plastique (Kenis *et al.*,

2018). Mais les larves de mouche domestique qui sont plus petites, produisent peut-être moins de chaleur par elles-mêmes et sont probablement plus résistantes à la chaleur ambiante. Les deux méthodes d'extraction testées montrent que, pour des petits systèmes de production, la méthode lucifuge avec tamis est plus rapide, efficace et permet de récolter presque la totalité des asticots. Mais cette méthode demande plus d'efforts, alors que la méthode des passoirs est lente, présente beaucoup de perte en asticots après la récolte et est fonction des substrats et de la taille des asticots. Cependant, lorsque de grandes quantités de larves sont à extraire, un système automatique d'extraction avec une passoire adaptée au substrat est souhaitable (Koné *et al.*, 2017 ; Pomalégny *et al.*, 2017b). Les résultats ont montré que notre système avec passoire marchait relativement bien avec le son et la bouse de vache mélangée avec la fiente de volaille alors que la fiente de volaille et les crottins de petits ruminants ont donné des résultats médiocres. Ceci montre que les systèmes d'extraction doivent être adaptés aux substrats utilisés, y compris à son humidité. La méthode des passoirs peut être adaptée pour des productions d'asticots avec oviposition continue, comme décrit par Mpoame *et al.* (2004). Pour les techniques de séchage, il n'y a

6 CONCLUSION

Des essais réalisés en station ont permis d'identifier, parmi les substrats et les récipients testés, ceux qui produisent mieux les asticots. Il ressort de ces essais que la fiente de volaille est un très bon substrat de production mais que d'autres sont aussi valables s'ils sont mélangés à des fientes de volaille ou des attractifs. Les récipients en plastique constituent les meilleurs contenants pour la production des asticots. Parmi les méthodes d'extraction et de séchage évaluées, la méthode des tamis est la plus efficace pour l'extraction des asticots. Pour le séchage, l'exposition des asticots au soleil sur des sacs, des

pas eu de différence significative entre le plateau en fer, le sac et le sachet plastique noir. Le plateau en fer et le sachet plastique noir attirent beaucoup de chaleur quand ils sont exposés sous le soleil, donc s'échauffent vite et permettent un séchage rapide des asticots. De plus, le sac est perméable, donc plus la température n'est élevée, plus l'eau des asticots étalés sur le sac s'échappent à travers les pores et cela permet ainsi un séchage rapide des asticots. Les asticots sèchent plus vite à l'étuve, parce que la chaleur reste permanente, tandis que la température ambiante est très variable pour les asticots étalés au soleil. Quant aux asticots grillés, le temps de grillade est réduit et les asticots sèchent bien, mais cette technique est plus onéreuse en termes d'énergie et impacte le bilan écologique et économique global de la production (Roffeis *et al.*, 2018, 2020). La technique de séchage peut varier également avec les saisons. Nos observations ont été faites en saison sèche, mais les résultats ne sont probablement pas valables pour la saison des pluies. Au Mali, Koné *et al.* (2017) ont préconisé un séchage au soleil en saison sèche mais, en saison des pluies, ils ont suggéré de passer d'abord les larves sur un réchaud pendant quelques minutes pour accélérer le séchage.

sachets plastiques ou des plateaux en fer permet de les sécher en deux ou trois jours en fonction de la quantité. La production et l'utilisation contrôlées des asticots de mouches apparaissent ainsi comme un moyen important de développer l'aviculture traditionnelle au Burkina Faso. Pour une meilleure utilisation des asticots, il serait intéressant d'étudier leur composition chimique en fonction des différentes méthodes de séchage afin d'identifier celles qui conservent mieux les nutriments. Puis, mettre au point des méthodes de conservation de ces asticots, simples, efficaces et utilisables en milieu paysan.

7 REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec l'appui du projet "Insects as Food and Feed in West Africa (IFWA)" qui a été financé par la Direction du développement et de la coopération suisse et le Fonds national suisse de la recherche scientifique dans le cadre du "Swiss Programme for Research on Global Issues for Development (R4D)". Les auteurs remercient M. Dimitri Sanou pour son aide précieuse dans la collecte des données et M. Abdoul Gafâr SANOU, M^{me}

Aïchatou Nadia Christelle DAO, M^{me} Jeanne Marie BAMOGO et M. Yawo Joseph SEHOUBO pour leurs conseils et critiques lors de nos travaux. Marc Kenis a été partiellement financé par le CABI Development Fund (contributions du « Australian Centre for International Agricultural Research », « UK's Department for International Development », et autres).

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouafou K.G.M., Konan B.A., Meite A., Kouame K.G. et Coulibaly K.S. (2011). Détermination du taux optimal de farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 12, Issue 2: 1553-1559.
- Bouafou K.G.M., Kouame K.G., Amoikon E.K. et Offoumou A.M. (2006). Potentiels pour la production d'asticots sur des sous-produits en Côte d'Ivoire. *Tropicicultura*, 24, 157-161.
- Fotsa JC, Rognon X, Tixier-Boichard M, Ngou Ngoupayou JD, Pone Kamdem D, Manjeli Y et Bordas A (2007). Exploitation de la poule locale (*Gallus gallus*) en zone de forêt humide du Cameroun. *Bulletin de Santé et de Production Animales en Afrique*, 55, 59-73.
- Ganda H., Zannou-Boukari H.T., Keni, M., Chrysostome C.A.A.M. and Mensah G.A. (2019). Potentials of animal, crop and agri-food wastes for the production of fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 59-67. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0064>
- Guinko S. (1984). La végétation de la Haute Volta. Thèse d'État, Sciences naturelles. Université de Bordeaux, France. 318p.
- Keiding J. (1986). The housefly-biology and control. Training and information guide (Advanced level). Geneva, World Health Organization, (unpublished document WHO/VBC/ 86.937; available on request from Division of Control of Tropical Diseases, World Health Organization, 1211 Geneva 27, Switzerland).
- Kenis M., Bouwassi B., Boafu H., Devic E., Han R., Koko G., Koné N'G., 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. In: Halloran, A., Flore, R. Vantomme, P. and Roos, N. (Eds.). Springer, pp 239-261. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_15
- Kenis M., Koné N., Chrysostome C.A.A.M., Devic E., Koko G.K.D., Clottey V.A., Nacambo S. and Mensah G.A. (2014). Insects used for animal feed in West Africa. *Entomologia* 2(2), 107-114. DOI: <https://doi.org/10.4081/entomologia.2014.218>.
- Koné N'G. Sylla M., Nacambo S. and Kenis M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed* 3: 177-186. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0044>.
- Lokela J.C.M. (2015). Écologie appliquée de *Rhynchophorus phoenicis* Fabricius (Dryophthoridae : Coleoptera) : phénologie et optimisation des conditions d'élevage à Kisangani, R. D.

- du Congo. Thèse de doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Université Catholique de Louvain. Faculté des bio-ingénieurs, Belgique. 216 p.
- Makkar H.P.S., Tran G., Heuze V. and Ankers P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197: 1-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- MED (Ministère de l'Économie et du Développement) (2005). Région des Hauts-Bassins : Cadre stratégique régional de lutte contre la pauvreté. Ministère de l'Economie et du Développement, Bobo, Burkina Faso, 43p.
- Mpoame M., Tégua A. & Nguemfo E. L. (2004). Essai comparé de production d'asticots dans les fientes de poule et dans la bouse de vache. *Tropicultura*, 22(2), 84 à 87.
- MRAH (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques) (2013). Journée Nationale du Paysan 16ème Edition ; Banfora les 25 ,26 et 27 AVRIL. Burkina Faso. [www.spcpsa.gov.bf/.../ doc.../42-document-mrah-jnp-16-2013- Banfora](http://www.spcpsa.gov.bf/.../doc.../42-document-mrah-jnp-16-2013-Banfora).
- MRAH (2015). Annuaire des statistiques de l'élevage 2013-2014. Direction des statistiques sectorielles, MRAH, Ouagadougou, Burkina Faso, 177p.
- Pastor B., Velasquez Y., Gobbi P. and Rojo S. (2015). Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 179-193. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0024>
- Pomalégni S.C.B., Gbemavo D.S.J.C., Kpadé C.P., Babatoundé S., Chrysostome C.A.A.M., Koudandé O.D., Kenis M., Glèlè Kakai R.L. et 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 Biosciences* 98, 9330 - 9343. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v98i1.9>.
- Pomalégni S.C.B., Gbemavo D.S.J.C., Kpadé C.P., Kenis M. and Mensah G.A. (2017a). Traditional use of fly larvae by small poultry farmers in Benin. *Journal of Insects as Food and Feed* 3, 187-192. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0061>
- Pomalégni S.C.B., Vignonzan C.M., Tankpinou M.K., Dassou B.B.D., Gbemavo D.S.J.C., Kpade C.P. et Mensah G.A. (2017b). Fiche technique : Technique de récolte des larves de mouche par un extracteur pour l'alimentation animale. <http://www.slire.net/document/2392>.
- Pousga B. (2009). Synthèse des travaux de recherche en aviculture au Burkina Faso : Rapport de recherche No 4. Réseau International pour le Développement de l'Aviculture Familiale, 18(1/2) : 28 -35.
- Robertson A., Ward D. et Lachance S. (2015). Lutte contre la mouche domestique dans l'élevage des volailles. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Toronto, Canada. 44 P.
- Roffeis M., Fitches E.C., Wakefield M.E., Almeida J., Alves Valada T.A.R., Devic E., Koné N'G., Kenis M., Nacambo N., Koko G.K.D., Mathijs E., Achten W.M.J., and Muys B. (2020). Ex-ante life cycle Impact assesment of insect based feed production in West Africa. *Agricultural Systems* 178: 102710. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102710>.
- Roffeis M., Wakefield M.E., Almeida J., Alves Valada T.A.R., Devic E., Koné, N'G., Kenis M., Nacambo S., Fitches E.C., Koko G.K.D., Mathijs E., Achten W.M.J. and Muys, B. (2018). Life cycle cost assessment of insect based feed production in West Africa. *Journal of Cleaner Production* 199: 792-806. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.179>.

- Sankara F. (2017). Co-construction de techniques de production, d'extraction et de séchage de larves de mouche domestique à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du développement rural, option Vulgarisation Agricole, Institut du Développement Rural, Université Nazi BONI, Bobo, Burkina Faso, 69p.
- Sanou A.G., Sankara F., Pousga, S., Coulibaly K., Nacoulma J.P., Kenis M., Clottey V.A., Nacro S., and Somda I. (2018). Indigenous practices in poultry farming using maggots in Western Burkina Faso. *Journal of Insects as Food and Feed* 4: 219-228. Doi: <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0004>.
- Sanou A.G., Sankara F., Pousga S., Coulibaly K., Nacoulma J.P., Ouedraogo I., Nacro S., Kenis M., Sanon, A. et Somda I. (2019a). 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. Doi: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v134i1.6>.
- Sanou A.G., Sankara F., Pousga S., Coulibaly K., Nacoulma J.P., Kenis M., Clottey V.A., Nacro S. and Somda I. (2019b). Farmers' perception of the use of fly larvae in poultry feed in Burkina Faso. *African Entomology* 27: 373 -385. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.027.0373>.
- Van Huis A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology* 58:563-583. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>, <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>, PMID:23020616
- Van Huis A., Van Itterbeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. and Vantomme P. (2013). Edible insects future prospects for food and feed security. FAO forestry paper 171, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.