



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Influence des supports alimentaires sur quelques paramètres biologiques de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) et de son parasitoïde *Fopius arisanus* (Sonan) en conditions de laboratoire

Abdoul Gafar SANOU^{2,3*}, Remy A. DABIRE², Karim NEBIE², Cheikh A. B. SANE¹ et Karamoko DIARRA¹

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP : 5005 Dakar - Fann, Sénégal.

² Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP : 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

³ Université Nazi Boni, 01 BP : 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur correspondant ; E-mail: sanougafar10@gmail.com

RÉSUMÉ

L'espèce *Bactrocera dorsalis* (Hendel) constitue une contrainte majeure à l'épanouissement de la filière des fruits et légumes au Burkina Faso. Son parasitoïde, *Fopius arisanus* (Sonan) a été introduit afin de mener une lutte biologique. L'étude a été conduite pour déterminer l'influence des supports alimentaires sur l'élevage du ravageur et de son parasitoïde. La fécondité des imagos et le développement du stade pré-imaginal du ravageur ont été évalués avec des aliments protéiques. Deux substrats ont permis d'évaluer le taux d'émergence et le sex-ratio du parasitoïde. Le nombre moyen d'œufs pondus par femelle a varié de 0 œuf à 48,30 œufs respectivement pour la farine de blé et l'hydrolysate enzymatique. Il est ressorti une masse larvaire de 0,005 g à 0,031 g pendant que la masse des pupes se situait entre 0,009 g et 0,026 g. Le taux de survie larvaire et de pupaison n'était pas significativement différent. Par contre, les taux d'émergence de *F. arisanus* ont évolué de 1,15% à 9,86%. Ces résultats donnent des orientations par rapport au type et à la quantité de substrat à utiliser pour réduire les coûts de production de masse du ravageur et de son parasitoïde.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés: Source alimentaire protéique, élevage de masse, lutte biologique, mouche des fruits, parasitoïde, Burkina Faso.

Influence of feed sources on some biological parameters of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and its parasitoid *Fopius arisanus* (Sonan) under laboratory conditions

ABSTRACT

Bactrocera dorsalis (Hendel) species is major constraint to the development of the fruit and vegetable sector in Burkina Faso. Its parasitoid, *Fopius arisanus* (Sonan) was introduced for a biological control. For this purpose, the performance of feeds sources was evaluated in order to achieve a mass rearing (pest and parasitoid). The fertility of adults and the development of the preimaginal stage of the pest were evaluated by protein sources. Two feed formulations were used to evaluate the emergence rate and sex ratio of

the parasitoid. The average number of eggs laid per female ranged from 0 eggs to 48.30 eggs for wheat flour and enzymatic hydrolysate, respectively. A larval weight of 0.005 g to 0.031 g was observed while the weight of the pupae was between 0.009 g and 0.026 g. The rate of larval survival and pupation was not significantly different whatever the treatments. The emergence of *F. arisanus* was ranged from 1.15% to 9.86% for the formulations used. These results provide directions on the type and quantities of substrate to be used to reduce the mass rearing costs of the pest and its parasitoid.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Keywords: Protein source, mass rearing, biological control, fruits fly, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La production fruitière, estimée à près de 100 millions de tonnes en Afrique, est en pleine croissance depuis la dernière décennie (Chalmin et Jégourel, 2017). L'essentiel de cette production provient de cinq grands types de fruits qui représentent 81% de la production totale africaine en fruits (Chalmin et Jégourel, 2017). Ce sont la banane, les agrumes, la mangue, le raisin et l'ananas (Chalmin et Jégourel, 2017). La mangue occupe le troisième rang du classement avec 6% de la production après la banane et les agrumes. Les exportations de mangues sont de plus en plus importantes sur le marché européen. En Afrique de l'Ouest, les principaux pays exportateurs de mangues sont : la Côte d'Ivoire, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal (Grechi et al., 2013 ; Strebelle, 2013 ; Chalmin et Jégourel, 2017). Les 3 premiers pays ont exporté près de 33 000 tonnes de mangues en 2015 (Chalmin et Jégourel, 2017).

Au Burkina Faso, la mangue représente la première culture fruitière avec 241 948 tonnes soit 76,95% de la production fruitière (agrumes, anacarde, banane, goyave, mangue, papaye) du pays en 2012. Près de 35 221 ha soit 24,72% de la superficie du verger national sont emblavés de manguiers (DGESS, 2014). Les principales zones de production se situent dans les régions des cascades, des Hauts-Bassins et du centre-ouest (Ouédraogo, 2011 ; Kante-Traore et al., 2017). La production et la commercialisation de ce fruit constituent une source importante de revenus et d'alimentation pour les populations (APROMA-B, 2018 ; Kante-Traore et al., 2017 ; Parrot et al., 2018). À titre d'exemple, la filière mangue contribue à 0,5% du PIB

national et représente plus de 30 milliards de FCFA de valeur ajoutée totale (Parrot et al., 2018).

Cependant, la production et l'exportation de la mangue sont de plus en plus entravées par de nombreuses contraintes dont celles liées aux ravageurs, aux maladies fongiques et aux désordres physiologiques (Rey et al., 2004 ; Ouédraogo et al., 2011 ; Chalmin et Jégourel, 2017). Les principales contraintes biotiques sont les maladies fongiques et les insectes ravageurs (Rey et Konan, 2002 ; Ouédraogo et al., 2011 ; Song-Naba, 2017). Parmi les insectes ravageurs, les mouches des fruits représentent un danger important, limitant la production de mangues dans les vergers, leur conservation et leur exportation (Ouédraogo, 2011 ; Chalmin et Jégourel, 2017 ; Song-Naba, 2017). Ainsi, en raison de leur statut d'insectes de quarantaine, d'énormes pertes ont été enregistrées lors des exportations vers l'Union Européenne (Parrot et al., 2018). Les espèces de mouches des fruits, d'importance économique, les plus abondantes dans les vergers de nombreux pays d'Afrique de l'ouest sont *B. dorsalis* (Hendel) et *Ceratitis cosyra* (Walker) (Amevo et al., 2009 ; Ouédraogo, 2011 ; N'depo et al., 2015). Pour réduire les dégâts de ces mouches, des méthodes de lutte variées ont été envisagées en intégrant la lutte biologique (Ouédraogo, 2011 ; N'depo et al., 2015). La lutte biologique fait l'objet d'un grand intérêt dans de nombreuses études car elle est l'une des composantes essentielles de la lutte intégrée et elle représente une approche agro-écologique (Gomina, 2015 ; Konta et al., 2015 ; Hintenou et al., 2016), c'est-à-dire respectueuse de l'environnement et viable sur le long terme.

En ce qui concerne l'espèce *B. dorsalis*, le parasitoïde *F. arisanus* (Sonan) a été introduit au Burkina Faso en vue de développer un programme de lutte biologique contre ce ravageur. Ce parasitoïde s'est montré efficace dans la réduction des populations de plusieurs espèces du genre *Bactrocera* spp., y compris l'espèce *B. dorsalis* (Vargas et al., 2007 ; Vayssières et al., 2012 ; Konta et al., 2015). La souche initiale de *F. arisanus* a été obtenue de l'ICIPE avec un substrat alimentaire synthétique dont les constituants essentiels sont importés. De même, les sources de protéines apportées aux femelles adultes de *B. dorsalis* afin d'obtenir les œufs nécessaires à l'élevage de *F. arisanus*, contiennent des produits importés. La production de masse de ces insectes en conditions de laboratoire reste une problématique majeure par rapport au coût de l'élevage (Hintenou et al., 2016). Ainsi, après plusieurs générations de ces deux insectes élevés au laboratoire, il a été envisagé de tester des substrats alimentaires composés de produits locaux afin de parvenir à une production de masse peu coûteuse.

Dans la perspective de contribuer efficacement à la lutte contre *B. dorsalis*, la présente étude s'intéresse particulièrement à la recherche de supports alimentaires locaux permettant un élevage optimal et à moindre coût. À cet effet, divers paramètres biologiques du ravageur et de son parasitoïde sont évalués en fonction des substrats de développement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Conditions expérimentales

Toutes les expérimentations ont été réalisées au laboratoire. Les températures variaient de 23 °C à 26 °C pendant que l'humidité relative était de l'ordre de 50% à 75%. La photopériode était de 8 : 12 (lumière : obscurité).

Élevage de masse des larves et adultes de *Bactrocera dorsalis*

Un dispositif d'élevage de masse de *B. dorsalis* a été mis en place afin de faciliter la conduite des différents tests. La population de

l'insecte était à la 52^{ème} génération. L'élevage de masse comportait trois étapes. La première étape a consisté à la collecte des œufs pondus par les femelles de *B. dorsalis* de la génération précédente. Ces femelles ont été alimentées dans des cages d'élevage à l'aide d'un aliment constitué de 25% d'hydrolysate enzymatique et de 75% de sucre. Cet aliment vendu sur le marché (ICIPE) a été utilisé comme traitement témoin pour évaluer la fécondité des femelles. Au bout d'une semaine d'alimentation et d'accouplement dans les cages d'élevage, des pondeurs artificiels ont été placés pour collecter les œufs. La deuxième étape a consisté à placer les œufs collectés sur un milieu nutritif destiné à alimenter les larves. Un milligramme (01 mg) d'œufs, soit environ 12 000 œufs ont été utilisés pour 1,25 kg du milieu. Pour un (01) kilogramme de ce milieu, la composition est de 60 g de farine de maïs, 114 g de farine de soja, 110 g de sucre, 70 g de son de riz, 30 g de glumelles de riz, 1 g de nipagine, 400 ml de levure de bière, 3 ml d'acide chlorhydrique et 300 ml d'eau. Les larves ont été maintenues dans le milieu jusqu'au stade 3. À ce stade, elles ont été transférées dans du sable afin d'obtenir des pupes. La troisième étape a consisté à collecter les pupes en tamisant le sable. Ces pupes ont été mises en éclosion dans des cages d'élevage pour obtenir les mouches adultes et poursuivre l'élevage.

Alimentation des adultes du parasitoïde *Fopius arisanus*

Les adultes de *F. arisanus* ont été essentiellement nourris avec du miel et de l'eau (coton imbibé). Le miel a été fourni de deux manières. D'une part, le coton a été imbibé d'une solution de miel dilué et placé dans une boîte de Petri à l'intérieur de la cage d'élevage et d'autre part, la paroi vitrée de chaque cage a été badigeonnée avec quelques gouttes du miel dilué.

Évaluation de la fécondité des femelles et du sex-ratio de *Bactrocera dorsalis* en fonction des aliments protéiques

La fécondité des femelles de *B. dorsalis* a été évaluée en utilisant quatre

substrats alimentaires. Toutes les mouches femelles adultes utilisées pour ce test sont issues de l'élevage de masse décrit plus haut. Les aliments utilisés étaient :

- Aliment 1 : c'est l'aliment témoin composé de 25% d'hydrolysats enzymatique et de 75% de sucre. Le mélange a été mis dans des boîtes de Petri et placé dans les cages d'élevage pour alimenter les mouches adultes.
- Aliment 2 : c'est un aliment liquide composé de 64,86% de levure de bière et de 35,14% de sucre. Il a été apporté aux mouches adultes en imbibant une éponge avec la solution. L'éponge imbibée a été placée dans une boîte de Petri à l'intérieur de la cage d'élevage contenant les mouches.
- Aliment 3 : c'est un aliment solide composé de 50% de tourteau de soja et de 50% de sucre. Il a été apporté aux mouches adultes de la même façon que l'aliment 1.
- Aliment 4 : c'est un aliment solide composé de 50% de farine de blé et de 50% de sucre. Il a été apporté aux mouches adultes de la même façon que les aliments 1 et 3.

Pour chaque type d'aliment, 25 couples de mouches âgées de 2 jours ont été utilisés. Un pondoir artificiel a été placé dans chaque cage 2 Jours Après Émergence (JAE) des mouches pendant 24 heures afin de collecter les œufs pondus. L'expérience a été répétée 16 fois avec une fréquence de collecte de 2 jours. Les œufs collectés ont été ensuite comptés à l'aide d'une loupe binoculaire.

Pour déterminer le sex-ratio, 250 œufs collectés ont été placés sur le milieu utilisé pour l'élevage de masse des larves, en quatre répétitions et suivis jusqu'à l'émergence des mouches adultes. Le dénombrement et le sexage des adultes émergés ont été effectués.

Évaluation de la masse des larves et des pupes, du taux de survie larvaire et de pupaison en fonction de la masse du substrat de développement

Les expérimentations ont porté sur cinq traitements répétés 3 fois chacun. Ces traitements correspondaient à différentes quantités du substrat utilisé pour l'élevage de masse des larves de *B. dorsalis*. Il s'agit de 30

g, 50 g, 70g, 90 g et 110 g. La composition d'un (01) kg du substrat utilisé est de : 60 g de farine de maïs + 114 g de farine de soja + 110 g de sucre + 70 g de son de riz + 30 g de glumelles de riz + 1 g de nipagine + 400 ml de levure de bière + 3 ml d'acide chlorhydrique + 300 ml d'eau. La masse des larves et des pupes a été déterminée en plaçant d'abord des œufs pendant 24 h sur du papier hygiénique préalablement humidifié. Les larves de 1^{er} stade ont été ensuite collectées et placées sur chaque quantité du substrat en respectant le ratio de 100 larves par quantité définie. À partir du 3^{me} stade de leur développement (caractérisé par des sauts), les larves ont été extraites de chaque traitement et pesées individuellement. Elles ont été ensuite placées sur du sable afin d'obtenir des pupes qui ont été également pesées individuellement.

Pour ce qui concerne le taux de survie larvaire et de pupaison, 100 œufs frais ont été directement placés sur chaque quantité du substrat. À partir du 3^{eme} stade de leur développement, les larves ont été comptées puis placées sur du sable afin d'obtenir des pupes. Ces pupes ont été également comptées.

Évaluation du taux d'émergence et du sex-ratio de *Fopius arisanus* (Sonan) en fonction des substrats de développement

Les adultes de *F. arisanus*, utilisés pour l'expérimentation, ont été maintenus en élevage au laboratoire depuis six générations. Mille (1000) œufs par cage de *B. dorsalis* ont été exposés dans 5 cages contenant chacune 10 mâles et 15 femelles matures de *F. arisanus* âgés d'au moins six jours. L'exposition a été effectuée pendant 6 heures. Les œufs ont été ensuite retirés puis placés à l'intérieur des récipients en plastique, contenant deux substrats ou traitements pour la nutrition des larves. Il s'agit du :

- Substrat 1 : il est essentiellement composé de produits locaux. Un (01) kg de ce substrat est composé de 60 g de farine de maïs, 114 g de farine de soja, 110 g de sucre, 70 g de son de riz, 30 g de glumelles de riz, 1 g de nipagine mélangés avec 400 ml de levure de bière, 3 ml d'acide chlorhydrique et 300 ml

d'eau. Ce milieu est utilisé au laboratoire pour l'élevage de masse des larves de *B. dorsalis*.

- Substrat 2 : il est essentiellement composé de produits synthétiques vendu dans le commerce (ICIPE). Cent (100) g de ce milieu contient 0,30% de sucre, 0,38% de levure 2240, 0,13% de levure LS 65, 0,15% d'acide citrique, 0,005% de sodium benzoate, 0,005% de Méthyl-p-hydrobenzoate, 0,004% de streptomycine, 0,02% d'huile de germe de blé et 0,002% d'eau distillée. Ce milieu est utilisé à l'ICIPE pour l'élevage de *F. arisanus* et constitue le milieu de référence.

Les récipients contenant les œufs ont été recouverts de mousselines à mailles fines, puis maintenus à l'aide d'attaches élastiques. Sept répétitions ont été effectuées. Après l'éclosion des œufs, les larves ont été maintenues dans les milieux jusqu'au stade L3 où elles ont été extraites puis placées sur du sable pour la pupaison. Les pupes ainsi formées ont été extraites du sable par tamisage et placées dans des cages afin d'observer les émergences des mouches et/ou des parasitoïdes adultes. Le sex-ratio a été déterminé en quatre répétitions par comptage des mâles et des femelles.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance avec le logiciel GenStat Eleventh Edition (VSN International Ltd, <http://www.vsn.co.uk>). Il s'agit du nombre moyen d'œufs pondus par femelle, du taux moyen d'émergence des parasitoïdes, du sex-ratio (M : F) de *B. dorsalis* et de *F. arisanus*, de la masse moyenne d'une larve et d'une pupa, du taux de survie larvaire et du taux de pupaison. Le test de normalité de Shapiro-Wilk a été effectué avant les analyses de variance. Ensuite, les données dont les distributions étaient différentes de la normalité ont subi une transformation logarithmique (log à base 10) pour les rapprocher de la normalité. Il s'agit essentiellement du nombre moyen d'œufs pondus par femelle et du taux d'émergence

des parasitoïdes. Le test de Tukey a été appliqué pour séparer les moyennes en cas de différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 5%. Les formules suivantes ont été utilisées pour calculer les taux.

- Taux d'émergence des parasitoïdes (%) : $(\text{Nombre de parasitoïdes adultes} \times 100) / \text{Nombre total de pupes}$.

- Taux de survie larvaire (%) : $(\text{Nombre de larves L3} \times 100) / \text{Nombre total de larves L1 initialement placées sur le milieu}$.

- Taux de pupaison (%) : $(\text{Nombre de pupes} \times 100) / \text{Nombre total de larves mises en pupaison}$.

Le sex-ratio chez *B. dorsalis* et *F. arisanus* a été calculé en faisant le rapport du nombre de mâles sur celui des femelles.

RESULTATS

Fécondité des femelles et sex-ratio de *Bactrocera dorsalis* en fonction des aliments protéiques

Le nombre moyen d'œufs par femelle de *B. dorsalis* a varié significativement selon les aliments protéiques utilisés ($P < 0,001$). Le minimum et le maximum de pontes ont été obtenus respectivement avec 0,46 œuf par femelle et l'hydrolysate enzymatique (48,30 œufs par femelle). Aucune ponte n'a été enregistrée avec la farine de blé (Tableau 1). Les sex-ratios enregistrés pour l'hydrolysate enzymatique et la levure de bière n'étaient pas significativement différents.

La Figure 1 présente l'évolution du nombre moyen d'œufs pondus par les femelles de *B. dorsalis* selon les fréquences de collecte d'œufs. Douze (12) jours après l'émergence des mouches (JAE), les pontes ont débuté pour le témoin alimentaire constitué par l'hydrolysate enzymatique et le sucre. Au cours des séries de collecte d'œufs, le nombre moyen d'œufs pondus était en croissance constante jusqu'à la 3^{ème} séance de collecte des œufs (18 JAE) où le maximum d'œufs pondus a été enregistré (Figure 1).

Concernant la levure de bière, les 1^{ères} pontes ont débuté au bout du 18^{ème} JAE. Le nombre moyen d'œufs pondus, évoluait en dents de scie au cours des 10 séances de collecte des œufs. Le maximum d'œufs pondus a été observé lors de la 7^{ème} séance de collecte des œufs. Le 3^{ème} aliment moins favorable à la formation des œufs de *B. dorsalis* est le tourteau de soja. Les pontes n'ont commencé qu'à partir du 36^{ème} JAE (Figure 1).

Masse moyenne des larves de stade L3 et des pupes de *Bactrocera dorsalis* en fonction de la masse du substrat de développement

La masse moyenne des larves a varié de 0,005 g à 0,031 g respectivement pour les substrats de 30 g et 110 g (Tableau 2). L'analyse de variance a montré une différence hautement significative entre les traitements (P < 0,001) au seuil de probabilité de 5%. Des résultats similaires ont été obtenus pour les pupes avec une masse minimale de 0,009 g (30 g de substrat) et un maximum de 0,026 g (110 g de substrat) (P < 0,001).

Taux de survie larvaire et de pupaison de *Bactrocera dorsalis* en fonction de la masse du substrat de développement

Le taux de survie larvaire a varié de 49,3% (30 g de substrat) à 56% (70 g de substrat). Quant au taux de pupaison, il a varié de 58,1% (30 g de substrat) à 85,4% (50 g de substrat) (Tableau 3). L'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les traitements pour ces deux paramètres mesurés (P > 0,05).

Taux d'émergence et sex-ratio de *Fopius arisanus* en fonction des substrats de développement

Les résultats de l'analyse de variance sont présentés dans le Tableau 4. Le taux d'émergence de *F. arisanus* a varié significativement de 1,15% à 9,86% (P < 0,005). Pour le sex-ratio par contre, aucune différence significative n'a été observée entre les deux substrats (P > 0,05). Les mâles et femelles étaient sensiblement dans les mêmes proportions.

Tableau 1: Nombre moyen d'œufs pondus par femelle et sex-ratio de *Bactrocera dorsalis* en fonction des aliments protéiques.

Aliments protéiques	Nombre moyen d'œufs par femelle ± écart type	Sex-ratio (M : F) ± écart type
Hydrolysats enzymatique + sucre	48,30 ± 1,29 (1362,1) a	1 : 1,83 ± 1,14 (520)
Levure de bière + sucre	2,78 ± 0,62 (64,3) b	1 : 0,71 ± 0,29 (520)
Tourteau de soja + sucre	0,46 ± 0,57 (9,2) c	-
Farine de blé + sucre	0,00 ± 0,00 (0,0) c	-
Statistiques	P < 0,001 (F= 110,34), ddl = 3	P= 0,182 (F= 2,28), ddl = 1

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Tukey. Dans la colonne "nombre moyen d'œufs par femelle", Les valeurs entre parenthèse représentent le nombre moyen d'œufs pour les séries de collecte d'œufs. Dans la colonne "sex-ratio", les valeurs entre parenthèses représentent l'effectif de l'échantillon total. M : mâle, F : femelle.

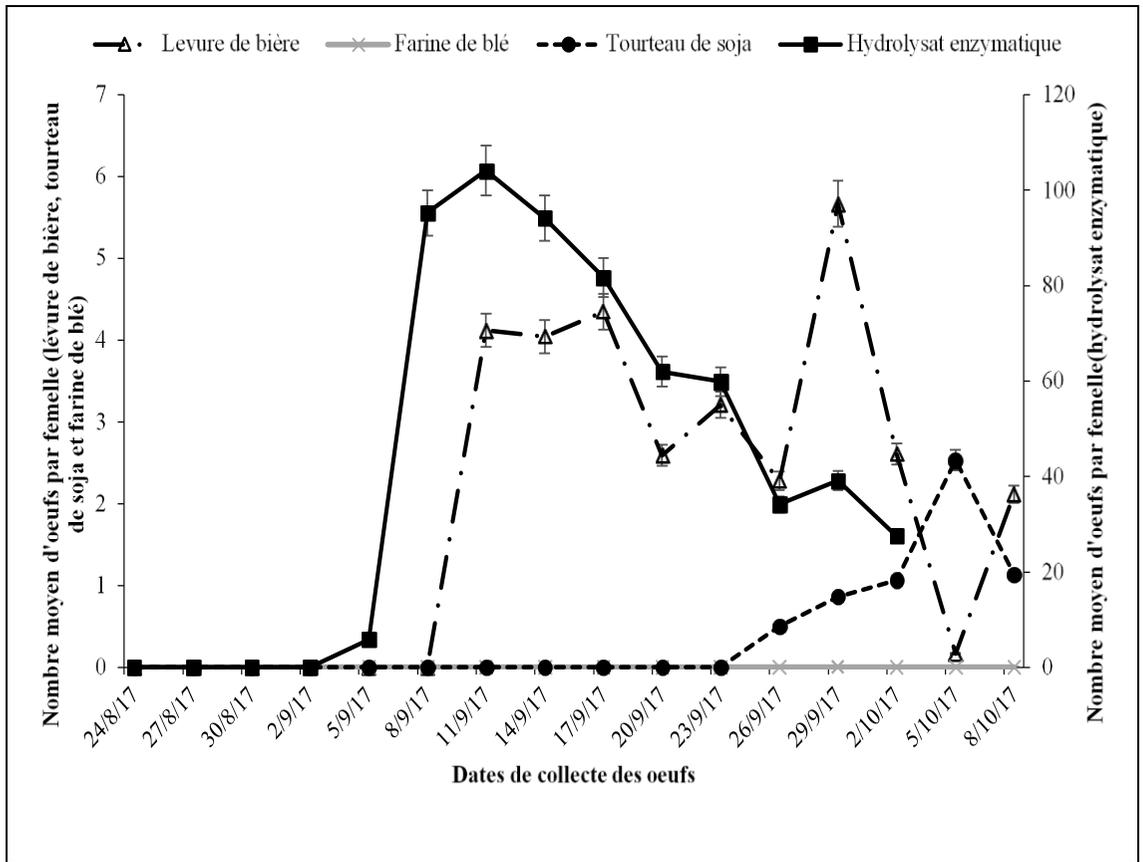


Figure 1: Évolution du nombre moyen d’œufs pondus par femelle de *Bactrocera dorsalis* en fonction des aliments.

Tableau 2: Masse moyenne d’une larve de stade L3 et d’une puppe de *Bactrocera dorsalis* en fonction de la masse du substrat de développement.

Traitements	Masse moyenne d’une larve de stade L3 (g) ± écart type	Masse moyenne d’une puppe (g) ± écart type
30g	0,005 ± 0,0009 c	0,009 ± 0,0005 c
50g	0,012 ± 0,0040 bc	0,010 ± 0,0012 bc
70g	0,021 ± 0,0030 ab	0,013 ± 0,0006 bc
90g	0,025 ± 0,0005 a	0,015 ± 0,0018 b
110g	0,031 ± 0,0070 a	0,026 ± 0,0040 a
Statistiques	P < 0,001(F=19,32), ddl=4	P < 0,001 (F= 48,75), ddl = 4

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Tukey.

Tableau 3: Taux de survie larvaire et de pupaison de *Bactrocera dorsalis* en fonction de la masse du substrat de développement.

Traitements	Taux de survie larvaire (%) ± écart type	Taux de pupaison (%) ± écart type
30g	49,3 ± 35,47	58,1 ± 5,36
50g	55,3 ± 19,86	85,4 ± 11,85
70g	56,0 ± 20,42	85,2 ± 3,76
90g	49,0 ± 25,51	81,8 ± 16,70
110g	53,3 ± 26,10	82,7 ± 10,85
Statistiques	P=0,529 (F=0,86), ddl = 4	P > 0,05 (F=3,62), ddl= 4

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Tukey.

Tableau 4: Taux d'émergence des parasitoïdes et sex-ratio en fonction du substrat de développement du stade pré-imaginal de *Fopius arisanus*.

Traitements	Taux d'émergence des parasitoïdes (%) ± écart type	Sex-ratio (M : F) ± écart type
Substrat 1	9,86 ± 1,37 a	1 : 0,82 ± 0,2 (366)
Substrat 2	1,15 ± 0,83 b	1 : 1,16 ± 0,7 (276)
Statistiques	P < 0,005 (F= 16,57), ddl=1	P > 0,05 (F= 0,82), ddl = 1

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Tukey. Dans la colonne "sex-ratio", les valeurs entre parenthèses représentent l'effectif de l'échantillon total. M : mâle, F : femelle.

Substrat 1 (référence) (100 ml) : 0,30% de sucre + 0,38% de levure 2240 + 0,13% de levure LS 65 + 0,15% d'acide citrique + 0,005% de sodium benzoate + 0,005% de méthyl-p-Hydrobenzoate + 0,004% de streptomycine + 0,02% d'huile de germe de blé + 0,002% d'eau distillée.

Substrat 2 (1 kg) : 60 g de farine de maïs + 114 g de farine de soja + 110 g de sucre + 70 g de son de riz + 30 g de glumelles de riz + 1 g de nipagine + 400 ml de levure de bière + 3 ml d'acide chlorhydrique + 300 ml d'eau.

DISCUSSION

Les résultats de l'étude conduite sur l'influence des supports alimentaires sur les paramètres biologiques de *B. dorsalis* et de son parasitoïde *F. arisanus* ont révélé que la qualité des sources protéiques a un effet sur la fécondité des mouches femelles et sur le taux d'émergence des parasitoïdes. Quant aux sex-ratios, ils étaient similaires quelle que soit la source alimentaire. La masse des larves et des pupes a varié significativement en fonction de la quantité de leur support de développement. Cependant, les taux de survie larvaire et de pupaison ont été similaires pour toutes les quantités du substrat utilisé.

D'une manière générale, l'hydrolysate enzymatique a été l'aliment le plus favorable aux pontes de *B. dorsalis* tandis qu'aucun œuf n'a été obtenu en utilisant la farine de blé. Ces résultats seraient probablement liés à la qualité des supports alimentaires. En effet, la ponte a été relativement plus rapide et en quantité pour le témoin par rapport aux aliments testés. Cela signifie que la formulation alimentaire influence la maturation sexuelle, la taille de la ponte et la qualité des œufs. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Chang et al. (2006), Ekesi et al. (2007) et Ekesi et al. (2014) qui ont réalisé une étude similaire. Selon ces

auteurs, le nombre d'œufs pondus par une femelle est non seulement lié à la composition chimique des différents milieux, mais également à la qualité des protéines qui les constituent. Ces observations permettent d'expliquer également le début plus ou moins tardif des pontes pour la levure de bière et le tourteau de soja.

Aucune différence significative n'a été observée concernant le sex-ratio entre l'hydrolysate enzymatique et la levure de bière. Chang et al. (2006) ont également fait les mêmes observations avec trois supports alimentaires. Il apparaît alors que le sex-ratio est peu sensible aux sources alimentaires au regard des études de Ekesi et al. (2007) et Gomina (2015).

Le substrat le plus favorable au développement du stade larvaire et à l'émergence des parasitoïdes a été le substrat de référence avec 9,86%. Seulement 1,5% d'émergence a été enregistré pour le substrat testé. Cette différence serait due à la composition chimique des différents milieux et de façon particulière à l'absence des protéines nécessaires dans le milieu testé. Il faut également noter que ce taux d'émergence observé pour le substrat de référence est relativement faible comparé à ceux obtenus par Vargas et al. (2016). Ces auteurs ont en effet obtenu entre 43,48 et 49,32%. Les conditions expérimentales et les formulations alimentaires utilisées pourraient être les raisons. Dans la plupart des cas, le taux d'émergence du parasitoïde semble assez faible (< 50%). Les résultats indiquent aussi que les mâles et femelles étaient sensiblement dans les mêmes proportions. Vargas et al. (2016) l'ont aussi montré au Sénégal avec une population sauvage (après lâchés) de *F. arisanus*. Ces auteurs avaient en effet enregistré un sex-ratio (M/F) de 1,10 et 1,36. Aucune différence significative n'a été également observée entre les deux substrats (testé et référence) et malgré de légères variations. Rousse et al. (2005) ont montré que dans les conditions de laboratoire, le sex-ratio était fortement biaisé en faveur des femelles pendant les deux premières semaines d'oviposition, mais que cette tendance

s'inversait en fin de vie. La non prise en compte de ce paramètre pourrait expliquer nos résultats.

Les résultats ont montré que les masses des larves et des pupes étaient proportionnelles aux différentes masses du substrat de développement. Cela pourrait s'expliquer par la compétition nutritionnelle des larves mise en évidence par Duyck (2005) et Mille (2010). En effet, lorsque la quantité du substrat n'est pas suffisante, la compétition entraîne une faible croissance des larves et par conséquent des pupes. Il s'en suit des mouches plus petites avec des ovaires assez réduits ne pouvant contenir que peu d'œufs. Ces observations sont en conformité avec celles de Gomina (2015) qui a souligné que la variation du nombre d'ovarioles par ovaire des femelles de *B. dorsalis* est probablement liée à la taille des différents individus.

Les taux de survie larvaire et de pupaison n'ont pas été significativement différents pour les quantités de substrats testés. En outre, le taux de survie larvaire a été relativement faible par rapport au travail de Gomina (2015) au Togo. En effet, l'auteur a obtenu un taux d'environ 73%. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions de température et d'humidité. Nos températures variaient de 23 à 26 °C (donc relativement plus basses) pendant que celles de l'auteur étaient de l'ordre de 26 et 28 °C. Il en est de même pour l'humidité qui variait de 50% à 75% dans cette étude contre 76 à 82% chez l'auteur. En outre, notre milieu de culture n'avait pas assez de liquides. Ce qui pouvait entraîner des mortalités dues au dessèchement.

Conclusion

L'étude a été menée dans le but d'établir l'influence des supports alimentaires sur l'élevage de *B. dorsalis* et de *F. arisanus*. D'une manière générale, les résultats montrent que l'élevage insectes présente des différences significatives en fonction des supports alimentaires. Concernant la fécondité des femelles de *B. dorsalis*, il ressort que l'hydrolysate enzymatique est le plus favorable aux pontes. Cependant, la levure de bière, qui

est une source de protéine locale, pourrait être améliorée et utilisée afin d'augmenter les pontes et réduire ainsi les coûts de production des œufs. L'étude a également révélé un taux d'émergence relativement faible de *F. arisanus* en conditions de laboratoire. Le sex-ratio du ravageur et celle de son parasitoïde sont en général peu influencés par le support alimentaire dans nos conditions expérimentales. En outre, il apparaît une quantité minimale du substrat pour un développement optimal du stade pré-imaginal de *B. dorsalis*. À cet effet, la masse optimale économique nécessaire qui pourrait être recommandée pour 100 larves est 90 g. L'intérêt de cette étude réside dans le fait que les produits importés coûtent très chers. La possibilité de trouver des produits locaux pour l'élevage de masse des parasitoïdes et des mouches des fruits pourrait aider à contrôler naturellement ces derniers (Hintenou et al., 2016). Alors, pour rentabiliser davantage l'élevage de *B. dorsalis* et *F. arisanus* en conditions de laboratoire, il serait nécessaire d'améliorer les conditions de laboratoire ou de travailler en milieu semi-naturel ; d'élargir la liste des supports alimentaires locaux et de procéder à des mélanges de substrats pour enrichir les milieux de production.

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AGS et KN ont collecté, analysé les données et ont rédigé le manuscrit ; RAD a supervisé tout le travail de la collecte des données à la rédaction du manuscrit ; CABS et KD ont contribué à la rédaction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

L'étude a été réalisée et financée dans le cadre du Projet de soutien au plan régional de lutte et de contrôle des mouches des fruits, exécuté dans 11 pays membres de la CEDEAO. Les auteurs remercient très sincèrement les responsables du projet et expriment toute leur reconnaissance à l'ICIPE

pour son appui technique et sa franche collaboration dans la mise en œuvre du programme de lutte biologique contre les mouches des fruits au Burkina Faso.

REFERENCES

- Amevo K, Sanbena BB, Nuto Y, Gomina M, De Meyer M, Glietho IA. 2009. Les mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) au Togo: inventaire, prévalence et dynamique des populations dans la zone urbaine de Lomé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(5) : 912-920. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v3i5.51057>
- APROMA-B (Association des professionnels de la mangue au Burkina). 2018. www.mangueduburkina.com.
- Chalmin P, Jégourel Y. 2017. *L'Afrique et les Marchés Mondiaux de Matières Premières*. Economica et OCP policy center: Paris.
- Chang CL, Vargas RI, Caceres C, Jang E, Cho IK. 2006. Development and assessment of a liquid larval diet for *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **99**(6): 1191-1198. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)99\[1191:DAOAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)99[1191:DAOAL]2.0.CO;2)
- CTA (Centre Technique de Coopération Agricole). 2013. *Comment lutter contre les mouches des mangues infestant les mangues*. Collection Guides et pratiques du CTA n°14, CTA : Wageningen.
- DGESS (Direction Générale des Études et des Statistiques Sectorielles). 2014. *Annuaire des statistiques agricoles 2013*. Rapport d'étude, Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire (MARHASA) : Ouagadougou.
- Duyck PF. 2005. Compétition interspécifique et capacités invasives : le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion, Réunion, p. 93.
- Ekési S, Mohamed SA, Chang CL. 2014. A liquid larval diet for rearing *Bactrocera invadens* and *Ceratitidis fasciventris*

- (Diptera: Tephritidae). *Int. J. Trop. Insect. Sci.*, **34**(S1): S90-S98. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758414000113>
- Ekesi S, Nderitu PW, Chang LC. 2007. Adaptation to and small-scale rearing of invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) on artificial diet. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **100**(4): 562-567. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[562:ATASRO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[562:ATASRO]2.0.CO;2)
- Gomina M. 2015. Contribution à la connaissance des mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) et de leurs parasitoïdes au sud du Togo. Thèse de doctorat, Université de Lomé, Togo, p. 190.
- Grechi I, Sane CAB, Diamé L, De Bon H, Benneveau A, Michels T, Huguenin V, Malézieux E, Diarra K, Rey J-Y. 2013. Mango-based orchards in Senegal: diversity of design and management patterns. *Fruits*, **68**(6): 447-466. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2013094>
- Hintenou MV, De Souza EO, Bokonon-Ganta AH, Bossou IG, Zannou ETZ. 2016. Étude comparative du développement de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) sur *Irvingia gabonensis* et *Musa* sp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(4): 1590-1601. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.12>
- Kante-Traore H, Sawadogo-Lingani H, Seogo I, KABORE D, DICKO MH. 2017. Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(1): 195-207. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.16>
- Konta IS, Djiba S, Sane S, Diassi L, Ndiaye AB, Noba K. 2015. Étude de la dynamique de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) dans les vergers de mangues en Basse Casamance: influence des facteurs climatiques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(6): 2698-2715. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.15>
- Mille C. 2010. Les mouches des fruits de Nouvelle-Calédonie (Diptera, Tephritidae): systématique, comportement, dynamique et gestion des populations. Thèse de Doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Calédonie, p. 353.
- N'depo OR, Hala N, Adopo AN, Coulibaly F, Kouassi PK, Vayssières J-F, De Meyer M. 2015. Effective chemical control of fruit flies (Diptera: Tephritidae) pests in mango orchards in northern Côte-d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(3): 1299-1307. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.15>
- Ndiaye O, Vayssières J-F, Rey J-Y, Ndiaye S, Diedhiou PM, Ba CT, Diatta P. 2012. Seasonality and range of fruit fly (Diptera: Tephritidae) host plants in orchards in Niayes and the Thiès Plateau (Senegal). *Fruits*, **67**(5): 311-331. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2012024>
- Ouédraogo SN. 2011. Dynamique spatio-temporelle des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en fonction des facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Paris Est, France, p. 184.
- Ouédraogo SN, Vayssières J-F, Dabiré AR, Rouland-Lefèvre C. 2011. Biodiversité des mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) en vergers de manguiers de l'Ouest du Burkina Faso: structure et comparaison des communautés de différents sites. *Fruits*, **66**(6): 393-404. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2011054>
- Parrot L, Biard Y, Kabré E, Klaver D, Vannière H. 2018. Analyse de la Chaîne de Valeur Mangue au Burkina Faso - Rapport final Novembre 2017. CIRAD-Wageningen University: Montpellier.
- Rey J-Y, Diallo T, Vannière H, Didier C, Sangaré M. 2004. La mangue en Afrique de l'Ouest francophone: variétés et composition variétale des vergers. *Fruits*, **59**(3): 191-208. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2004018>

- Rey J-Y, Konan K. 2002. *La Mangue d'Exportation en Afrique de l'Ouest*. CIRAD-FLH: Montpellier.
- Rousse P, Harris EJ, Quilici S. 2005. *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of Tephritidae. Overview. *Biocontrol News and Information*, **26**(2): 59N-69N. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20053121590>
- Song-Naba F. 2017. Démarche qualité et apprentissage organisationnel dans les PME de transformation agroalimentaire au Burkina Faso. *RIMHE*, **3**(27) : 29-58. DOI : <https://doi.org/10.3917/rimhe.027.0029>
- Strebelle J. 2013. *Analyse et propositions sur la construction des marchés locaux-nationaux- régionaux en Afrique-Analyse complémentaire : Position des OP dans la filière mangue en Afrique de l'ouest et au Sénégal*. Rapport d'étude, Coopération Belge au développement : Bruxelles.
- Vargas RI, Leblanc L, McKenney M, Mackey B, Harris E J, Badji K. 2016. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) on Mediterranean fruit Fly and its Introduction into Senegal against Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, **48**: 85-94. DOI: <http://hdl.handle.net/10125/42757>
- Vargas RI, Leblanc L, Putoa R, Eitam A. 2007. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. *J. Econ. Entomol.*, **100**(3): 670-679. DOI: [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[670:IOIOBD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[670:IOIOBD]2.0.CO;2)
- Vayssières J-F, Adandonon A, N'Diaye O, Sinzogan A, Kooyman C, Badji K, Rey J-Y, Wharton R. 2012. Native parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in cultivated and wild fruit crops in Casamance, Senegal. *Afr. Entomol.*, **20**(2) : 308-315. DOI : <http://dx.doi.org/10.4001/003.020.0221>.