



Original Paper

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

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

Adaptation et élevage au laboratoire de *Ceratitis cosyra* (Walker) et *Ceratitis anonae* (Graham) [(Diptera : Tephritidae)] sur *Irvingia gabonensis*, *Carica papaya* et *Musa sp*

Espérantos Ovidio de SOUZA^{1,3*}, Florence Mahouton ANATO^{1,2},
Aimé Hippolyte BOKONON-GANTA^{1,2}, Agathe AGBOTO^{1,2} et
Edner ZOHOUNMEGAN^{1,4}

¹Laboratoire de Diagnostic et de Soutien à la Protection des Végétaux, Direction de la Production Végétale (DPV), BP 58, Oganla, Porto-Novo, Bénin.

²Département de la Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

³Département de Zoologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou Bénin.

⁴Ecole Nationale des Sciences et Techniques Agricoles de Kétou, Université d'Agriculture de Kétou, BP 95, Kétou, Bénin.

* Auteur correspondant ; E-mail: esperantos1@hotmail.fr

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) pour le soutien financier qui nous a permis de conduire cette étude.

RESUME

Les mouches Tephritides en général et particulièrement la mouche de la mangue sont les principaux ravageurs dans les vergers de manguiers au Bénin. L'utilisation des parasitoïdes dans la lutte contre ces dernières exige de disposer au préalable d'un élevage sain, stable et à moindre coût de leurs hôtes que sont ces mouches. A cet effet, l'aptitude de la pomme africaine, de la papaye et de la banane à servir comme substrat de ponte et milieu de développement larvaire pour l'adaptation et l'élevage de la mouche de la mangue, *Ceratitis cosyra* et de *C. anonae* au laboratoire a été évaluée. Les fruits ont été testés en condition de choix et non choix dans des cages contenant cinquante couples de souche sauvage sexuellement matures de chacune des espèces. L'attraction des femelles par chaque fruit, le nombre, le poids, le taux d'émergence des pupes et le sexe ratio des imagos sont notés. Les trois fruits permettent le développement des deux espèces de mouches. Toutefois, la pomme et la papaye sont plus attractives et plus favorables que la banane pour *C. cosyra*. Quant à *C. anonae*, la papaye est plus attractive. Mais le poids de certaines pupes est faible comparativement à celui d'autres mouches de fruits élevées sur milieux artificiels. La présente étude met en évidence l'aptitude de chacun des fruits à servir pour l'élevage de *C. cosyra* et *C. anonae* au laboratoire. Elle permet d'envisager la maintenance à moindre coût au laboratoire des populations de ces mouches et à terme, l'élevage de leurs parasitoïdes.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Elevage, mouches de fruits, mouche de la mangue, milieu d'élevage, laboratoire.

Adaptation to laboratory and rearing of *Ceratitis cosyra* (Walker) and *Ceratitis anonae* (Graham) [(Diptera : Tephritidae)] on *Irvingia gabonensis*, *Carica papaya* and *Musa sp.*

ABSTRACT

Tephritid flies in general and particularly “marula fruit flies” are the main pests damaging mango orchards in Benin. Using parasitoids as control method requires prior, stable and cost effective hosts rearing that are these flies. Then, the ability of African apple, papaya and banana to serve as egg laying substrate and larvae rearing medium for adaptation and rearing in laboratory of originated wild strain of marula fruit fly, *Ceratitis cosyra* and *Ceratitis anonae* was evaluated. The fruits were tested in choice and non choice condition in cages containing fifty sexually mature couples of each fly species. Attraction of females by each fruit after introduction, the number, the weight, the rate of emergence of pupae and sex ratio of the adults were noted. The three fruits allow the development of two species of flies. However, apple and papaya are more attractive and more favorable than banana for the development of *C. cosyra*. As for *C. anonae*, papaya is more attractive. But the three fruits are suitable for his rearing in the laboratory. Nevertheless, the weight of some pupae was low compared to other Tephritids fruit flies reared on artificial media. This study demonstrates the ability of each of the tested fruit to serve for *C. cosyra* and *C. anonae* rearing in the laboratory. It allows considering a low cost maintenance in laboratory of populations of these flies and rearing of native parasitoids of fruit flies.
© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Rearing, fruit flies, marula fruit flies, rearing medium, laboratory.

INTRODUCTION

La production fruitière est une importante composante de la production agricole en Afrique, et assure des revenus et des emplois stables aux producteurs et à la population active (Ekesi et Billah, 2006). Malheureusement, elle est entravée par des bio-agresseurs parmi lesquels les mouches des fruits et légumes fruits de la famille des Tephritidées sont économiquement les plus nuisibles (Lloyd et al., 2010). Elles sont signalées comme ravageurs importants des fruits dans plusieurs pays en Afrique tels que le Togo (Amevoin et al., 2009) ; le Cameroun (Ngamo Tinkeu et al., 2010) ainsi qu’au Sénégal (Konta et al., 2015) et au Bénin, (Vayssières et al., 2010). En effet, ces mouches sont à l’origine des dégâts et pertes directs et indirects pour les fruits produits en Afrique (Mohamed et al., 2012). Avec la signalisation au Bénin pour la première fois en Juin 2004 de l’espèce invasive *Bactrocera dorsalis* Hendel précédemment *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta et White (Goergen et al., 2011) les mouches des fruits ont fait l’objet d’études sur différents aspects tels que

la diversité spécifique, l’écologie, les méthodes de lutte etc.. Ainsi, les travaux du projet West African Fruit Flies Initiative (WAFFI) ont révélé la présence au Bénin de plusieurs autres espèces nuisibles dans les vergers de mangues, d’agrumes ainsi que sur les périmètres maraîchers. Parmi eux figurent des espèces du genre *Ceratitis*, un genre indigène à l’Afrique (De Meyer, 2000). Ce sont entre autres les espèces *Ceratitis cosyra* (Walker), *C. anonae* (Graham), *C. fasciventris* (Bezzi), *C. quinaria* (Bezzi), *C. silvestrii* (Bezzi) (Vayssières et al., 2008a ; 2008b).

Parmi les méthodes de lutte contre ces mouches, figurent la lutte biologique par les parasitoïdes et la Technique de l’Insecte Stérile (TIS). Une bonne mise en œuvre de ces méthodes de lutte, est tributaire de la mise au point d’un élevage des mouches en milieu contrôlé stable et économiquement compétitif. Dans le cadre du programme de lutte biologique contre les mouches des fruits par les parasitoïdes au Bénin, *B. dorsalis* est déjà en élevage au laboratoire et sert d’hôte pour *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera : Braconidae) et *Diachasmimorpha*

longicaudata Ashmead, (Hymenoptera, Braconidae), tous des parasitoïdes exogènes utilisés avec succès dans des programmes de lutte biologique contre les mouches des fruits à travers le monde (Vargas et al., 2002 ; Bokonon-Ganta et al., 2007 ; Rousse, 2007). Les parasitoïdes indigènes tels que *Fopius caudatus* Szépligeti (Hymenoptera, Braconidae) et *Psytalia cosyrae* Wilkinson (Hymenoptera, Braconidae) qui se développent aux dépens des mouches indigènes du genre *Ceratitis* (Vayssières et al., 2011 ; Vayssières et al., 2012) font l'objet de moins d'attention dans les programmes de recherches contrairement aux parasitoïdes exogènes. Le renforcement de la lutte biologique par les parasitoïdes passe par une attention plus soutenue à ces parasitoïdes indigènes. L'adaptation et l'élevage au laboratoire de ces parasitoïdes indigènes au même titre que ceux exogènes s'avère donc important. La première étape est la disposition d'une colonie stable de leurs hôtes que sont les mouches du genre *Ceratitis*, particulièrement les espèces *cosyra* et *ananae*.

Des milieux liquides ou solides à base de son de blé ou de carotte ont été développés pour la production de masse de plusieurs espèces de mouches de fruits (Chang et al., 2006). Ces milieux artificiels liquides ou solides demeurent d'un coût relativement élevé au Bénin pour l'élevage de ces mouches au laboratoire d'une part et d'autre part, certaines composantes de ces milieux sont indisponibles sur le marché local. Parallèlement, plusieurs fruits à pulpe cultivés ou sauvages sont propices au développement en milieu naturel des mouches Téphritides. La papaye, *Carica papaya* (Caricaceae); la pomme africaine ou mangue du Gabon, *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae) et la banane, *Musa* sp (Musaceae) sont trois fruits hôtes naturels de mouches Téphritides (Vayssières et al., 2009). Leur période de disponibilité se chevauche en couvrant toute l'année et leur utilisation se révèle être à moindre coût par rapport aux milieux liquides ou solides à base de carotte. Pour l'élevage de *B. dorsalis* au laboratoire, le potentiel de

chacun de ces fruits a été testé avec des résultats variables; mais tous ont permis le développement et la production de cette espèce (Bossou, 2011 ; Hintènou, 2012). Partant de ces observations, l'évaluation des potentialités de ces fruits pour l'adaptation et l'élevage au laboratoire des Téphritidae indigènes, particulièrement *C. cosyra* et *C. ananae* s'est imposé.

Ainsi, l'objectif de la présente étude est d'adapter au laboratoire et d'y élever *C. cosyra* et *C. ananae* à partir de souches sauvages en utilisant comme support de ponte et milieu de culture la pomme africaine, la papaye et la banane. Spécifiquement, il s'agit (i) d'évaluer l'attraction exercée par chacun de ces fruits sur les femelles de chaque espèce en condition de choix et non choix, (ii) de rechercher une éventuelle relation entre l'attraction exercée par chacun des fruits sur les mouches et le nombre de pupes obtenues du fruit, puis (iii) d'évaluer l'aptitude de chacun de ces fruits à permettre un développement des stades pré-imaginaux de *C. cosyra* et de *C. ananae* en vue d'obtenir une population stable au laboratoire pouvant servir pour la production ultérieure des parasitoïdes indigènes.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal et animal

Le nauclea, *Sarcocephalus latifolius* (Rubiaceae) est un hôte primaire de *C. cosyra* (Vayssières et al., 2009). Des fruits mûrs de cette espèce ont été collectés respectivement dans les localités de Sokouno (9 ° 32 ' N / 2 ° 59 ' E), commune de Parakou et dans la commune de Natitingou (10 ° 36 ' N / 1 ° 29 ' 26 ' E) entre Juin et Septembre 2013. Quant à *C. ananae* ils ont été obtenus à partir des fruits murs de jasmin, *Murraya paniculata* L. (Rutaceae) collectés à Oganla (6 ° 47 ' N / 2 ° 61 ' E) et à Agbokou (6 ° 28 ' N / 2 ° 38 ' E) dans la ville de Porto-Novo au Bénin en Septembre 2013. Ces fruits ont été pesés avec une balance (Denver instrument, MXX 10 de sensibilité 1 g). Après la pesée, ils ont été incubés dans des boîtes plastiques (20 cm de diamètre x 14 cm de profondeur puis 15 x 15

cm respectivement pour *S. latifolius* et *M. paniculata*) et fouillés quotidiennement à partir de six jours après incubation pour *M. paniculata* et dix jours après incubation pour *S. latifolius*. Les pupes obtenues ont été décomptées et pesées à l'aide d'une balance sensible (ADAM, PGW2502i, sensibilité 0,01 g). Elles ont ensuite été mises pour éclosion dans des cages en plexiglas (25 x 25 x 25 cm) soigneusement étiquetées avec à disposition un abreuvoir et un mélange de protéine (son de blé écrasé) et de sucre à raison d'un volume pour trois respectivement pour l'alimentation des mouches.

Quant au matériel végétal, les fruits de pomme sauvage, de papaye et la banane (variété banane rose) sont achetés sur le marché local. Ils proviennent des fermes de la partie méridionale du Bénin. Les fruits ainsi acquis sont gardés au réfrigérateur à une température de 4 °C pendant au moins 72 heures pour éliminer d'éventuels œufs et larves des fruits avant d'être retirés pour être utilisés.

Mise en place et suivi des expérimentations

Les manipulations ont été effectuées dans l'unité d'entomologie du Laboratoire de Diagnostic et de Soutien à la Protection des à la Protection des Végétaux (LDSPV) à une température de 26 °C ± 3, une humidité relative de 70% ± 10 et une photopériode lumière : obscurité de 12 :12 H contrôlée par un système automatisé.

Cinquante couples de chaque espèce de mouche sexuellement matures (âgées de 10 jours au moins) issues des fruits de *S. latifolius* et de *M. paniculata*, ont été introduits dans une cage en plexiglas (15 x 15 x 15 centimètres). Dans chaque cage, un abreuvoir contenant de l'eau et un mélange de protéine et de sucre dans la même proportion qu'indiquée précédemment sont introduits. Quatre cages de chaque espèce ont été mises en place, à raison d'une cage pour les tests en condition de choix et les trois autres pour les tests en condition de non choix. Les fruits sont introduits pour la ponte des insectes les matins entre sept et huit heures.

• Test en condition de choix

Un fruit entier de pomme africaine et de banane et un dôme de papaye vidé des pépins, tous de poids sensiblement égal (50 grammes environ), sont lavés à l'eau de robinet et piqués (à l'aide d'une aiguille entomologique à un centimètre environ d'intervalles) puis introduits dans la cage au même moment. Les fruits sont exposés aux mouches pendant six heures après lesquels ils sont retirés et transférés, chacun dans une unité d'incubation. Cette dernière est constituée d'une première boîte en plastique (13,5 cm de diamètre x 8,20 cm de profondeur) contenant une couche fine humidifiée (un cm environ) de sable préalablement stérilisé. Sur le sable est posé un grillage et une autre boîte plastique (9,5 cm x 4,5 cm) dans laquelle est déposé le fruit infesté. Cet ensemble est soigneusement étiqueté, recouvert avec une toile de mousseline capable de laisser circuler l'air. Les boîtes d'incubation sont stockées au laboratoire sous les conditions de température et d'humidité précédemment indiquées et fouillées quotidiennement à partir du 10^{ième} jour après incubation pour rechercher les pupes. Ces dernières sont dénombrées pour chaque traitement et pesées à l'aide d'une balance sensible (ADAM, PGW2502i, sensibilité 0,01 g). Elles sont gardées dans des boîtes de Pétri étiquetées jusqu'au début des émergences. Les imagos sont introduits dans une cage en plexiglas (15 x15 x 15 cm) disposant d'eau et de nourriture.

• Test en condition de non choix

Chaque espèce de fruit avec les mêmes caractéristiques qu'en condition de choix et ayant subi le même traitement (lavage à l'eau de robinet + piquûre) est introduit en cage. Les conditions de l'expérimentation sont les mêmes que celles décrites précédemment dans le cas du test en condition de choix.

Tant en condition de choix que de non choix, l'expérience est répétée six fois (six introductions au total à raison d'une introduction par jour) par génération pour chaque espèce. Les données sont collectées sur quatre générations (G0, G1, G2 et G3).

Chaque matin, avant les introductions de fruits, les mouches mortes sont comptabilisées par sexe et remplacées par d'autres de la même génération issues de la même cohorte. Les populations de mouches obtenues à partir d'une génération sont utilisées pour la génération suivante.

Les données suivantes ont été collectées:

- Le nombre de mouches femelles attirées par chacun des fruits après 15, 30, 45 et 60 minutes d'exposition,
- Le nombre total de pupes obtenues à partir de chaque fruit exposé,
- Le poids des pupes issues de chaque fruit, enregistré à l'aide de la balance sensible (ADAM, PGW2502i, sensibilité 0,01 g),
- La durée du cycle de développement des mouches sur chaque fruit en considérant de la date d'exposition à l'émergence du premier imago,
- Le pourcentage d'émergence des pupes sur chaque fruit. Ce taux est calculé en faisant le rapport entre le nombre de mouches émergées sur le nombre de pupes obtenues fois 100.
- Le sex-ratio des mouches émergées de chaque fruit en faisant le rapport entre le nombre de femelles et de mâles obtenus.

A partir du nombre de femelles dénombrées sur chaque fruit après 15, 30, 45 et 60 minutes, la moyenne de femelles attirées est calculée. A partir du poids des pupes issues de chaque fruit, le poids moyen de 10 pupes de chaque traitement est estimé par une règle de trois.

Analyses statistiques

Le seuil de significativité pour toutes les analyses est de 5%. Les données relatives au nombre de pupes obtenues et au nombre de femelles attirées sont transformées par la fonction $\log(X+1)$. Des tests d'analyses de variances ont permis d'apprécier l'effet de la condition (Choix ou non choix) d'une part et d'autre part l'effet des fruits ainsi que celui combiné de la génération et des fruits sur le nombre de femelles attirées et de pupes obtenues. Un test non paramétrique de Wilcoxon a été effectué pour les autres

paramètres que sont le poids des pupes, le sexe ratio, le taux d'émergence et la durée du cycle. Le test de Student Newman Keuls (SNK) ainsi que celui de Kruskal Wallis ont été effectués pour la comparaison des moyennes de l'attraction et le nombre de pupes obtenues. Un test de corrélation de Pearson entre l'attraction exercée par chaque fruit sur les femelles des mouches et le nombre de pupes récoltées dans le fruit a permis d'apprécier le lien entre l'attraction exercée par les fruits et la ponte d'œufs dans le fruit.

RESULTATS

Attraction des femelles de *Ceratitis* par les fruits

Tous les fruits testés ont été attractifs pour les femelles de *C. cosyra* et *C. anonae*. Pour *C. cosyra*, l'analyse de la variance a montré que ces fruits utilisés ont un effet significatif au seuil de 5% sur les femelles tant en condition de choix ($F=20,91$ $Pr<0,0001$) que de non choix ($F=16,55$ $Pr <0,0001$). Le test de Student Newman Keuls (SNK) montre que la papaye et la pomme sont plus attractives que la banane dans les deux cas (Figure 1). Pour la génération, il a été noté un effet hautement significatif sur les femelles de *C. cosyra* attirées uniquement en condition de choix ($F=17,02$ $Pr<0,0001$). En effet, l'attraction des femelles a baissé à G1 par rapport à G0, G2 et G3 (Figure 1) tandis qu'en condition de non choix, il n'y a pas eu une différence significative entre les femelles attirées d'une génération à l'autre (Figure 1).

Pour *C. anonae*, les fruits utilisés ont un effet significatif uniquement en condition de non choix ($F=4,37$ $Pr= 0,01$). Le test de SNK montre une différence entre la papaye qui est la plus attractive, suivie de la pomme et de la banane (Figure 2). En condition de choix, il n'y a aucune différence entre les femelles attirées par chacun des fruits. Quant à la génération, l'analyse de variance montre une différence hautement significative tant en condition de choix ($F=12,34$ $P<0,0001$) que de non choix ($F=4,14$ $P=0,0098$). L'attraction des femelles a baissé en G1 et a augmenté

progressivement sur les générations suivantes (Figure 2).

Performances de *C. cosyra* et *C. anonae* sur les fruits testés

Nombre de pupes obtenues

Des pupes de *C. cosyra* et *C. anonae* ont été obtenues à partir de tous les fruits testés. En ce qui concerne l'espèce *C. cosyra*; en condition de choix, les fruits testés ont un effet significatif sur le nombre de pupes obtenues ($F=7,04$ $P=0,0018$). Le test de SNK montre une différence significative entre la moyenne des pupes obtenues de la pomme d'une part et celle issue de la papaye et la banane d'autre part (Figure 3). Il n'y a pas eu d'effet significatif de la génération sur le nombre de pupes obtenues. En condition de non choix, ni le fruit utilisé ($F=0,13$ $P=0,87$), ni la génération ($F=0,62$ $P=0,59$) n'ont eu un effet significatif sur le nombre de pupes obtenues.

Concernant *C. anonae*, tant en condition de choix que de non choix, les fruits testés n'ont pas un effet significatif sur le nombre de pupes obtenues contrairement à la génération (Tableau 1). Le test de SNK tant en condition de choix que de non choix montre une différence significative entre la génération G0 et toutes les autres générations (Figure 4). Le nombre de pupes obtenues, après une diminution en G1 a progressivement augmenté en G2 et G3.

Autres paramètres mesurés

Il s'agit du poids moyen des pupes, de la durée du cycle de développement, du taux d'émergence des pupes et du sexe ratio des mouches émergées.

Pour *C. cosyra*, il n'y a pas une différence significative au niveau du poids moyen des pupes et du sexe ratio en considérant les fruits testés ainsi que les différentes générations (Tableau 2). Par contre, la durée du cycle diffère selon le fruit utilisé en condition de choix ($X^2=11,21$ $P=0,0037$). Le test de Kruskal-Wallis montre que le cycle est plus long sur la pomme que sur la papaye et la banane (Tableau 2). En condition de non choix, il n'y a eu de

différence significative ni entre les fruits testés ni entre les générations (Tableau 2). Le taux d'émergence des pupes quant à lui a varié significativement tant au niveau des fruits testés ($X^2=8,38$ $P=0,01$) qu'au niveau des générations ($X^2=8,36$ $P=0,03$) uniquement en condition de choix. Parmi les fruits, le cycle de développement est plus long sur la pomme que sur la papaye et la banane (Tableau 2). Concernant les générations, le cycle de développement a été plus long en G3 par rapport aux autres générations. En condition de non choix, il n'y a pas eu de différence significative sur le taux d'émergence tant au niveau des fruits testés que des générations (Tableau 2).

Pour *C. anonae*, le taux d'émergence et le sexe ratio n'ont pas significativement varié sur les fruits testés ainsi que les générations (Tableau 3). Pour le poids des pupes, en condition de choix, l'effet des fruits testés est significatif ($X^2=7$ $P=0,03$). Il en est de même pour l'effet des générations ($X^2=8,12$ $P=0,04$) (Tableau 3). Le test de Kruskal Wallis montre que la papaye donne les pupes de poids plus élevés par rapport à la banane et la pomme. Les pupes issues des pommes ont les poids les plus faibles. Les pupes de la génération 3 ont un poids plus élevé que celles des autres générations. En condition de non choix, il n'y a pas de différence significative entre le poids des pupes quelque soit le fruit utilisé ou la génération considérée. Quant à la durée du cycle, seule la génération a eu un effet significatif tant en condition de choix ($X^2=25,17$ $P=0,0001$) que de non choix ($X^2=12,31$ $P=0,0064$) (Tableau 3). Dans les deux cas, la génération G0 et la génération G3 ont enregistré les durées de cycle les plus longues.

Relation entre l'attraction des femelles et le nombre de pupes obtenues

La relation entre le nombre de femelles attirées par chaque fruit et le nombre de pupes obtenues a été évaluée pour chaque espèce. Concernant *C. cosyra*, la pomme (Coefficient de corrélation de Pearson=0,26 $P=0,0001$) et la papaye (Coefficient de corrélation=0,25

P=0,0002) sont les deux fruits dont le nombre de pupes obtenues est statistiquement corrélé au nombre de femelles attirées. Quant à la banane, (Coefficient de corrélation de Pearson= -0,01 P= 0,60), il n'y a pas de lien entre le nombre de pupes obtenues et le nombre de femelles attirées.

Pour *C. anonae*, seule la banane présente une corrélation statistiquement

significative entre le nombre de femelles attirées et le nombre de pupes récoltées (Coefficient de corrélation de Pearson= 0,16 P=0,0027). Quant à la pomme (Coefficient de corrélation de Pearson=0,03 P=0,10) et la papaye (Coefficient de corrélation de Pearson = -0,003 P=0,36) il n'y a pas de lien entre le nombre de femelles attirées et le nombre de pupes obtenues.

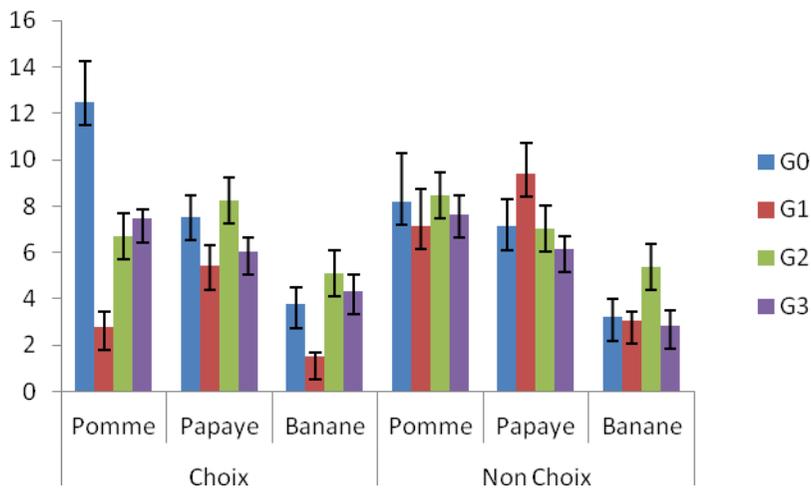


Figure 1: Nombre moyen de femelles de *C. cosyra* attirées par fruit en condition de choix et non choix.

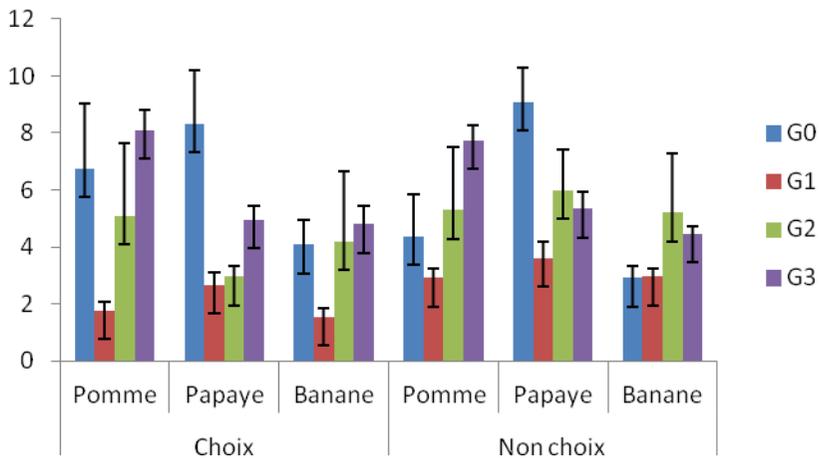


Figure 2 : Nombre moyen de femelles de *C. anonae* attirées par fruit en condition de choix et non choix.

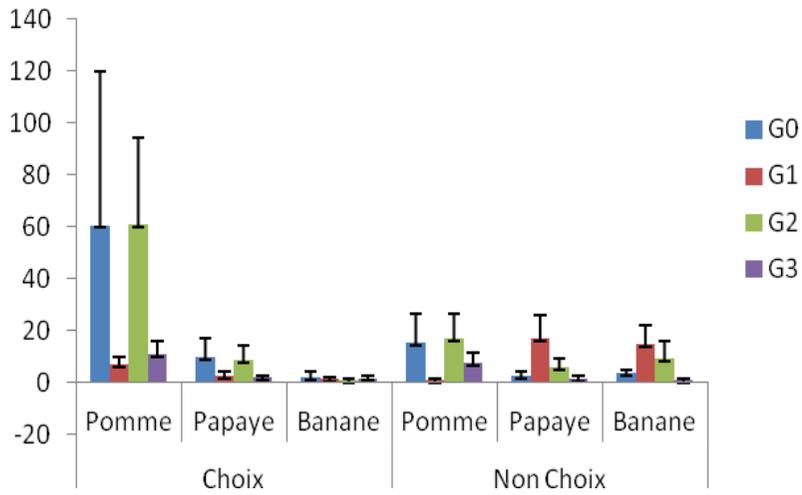


Figure 3 : Nombre moyen de pupes de *C. cosyra* obtenues par fruit en condition de choix et non choix.

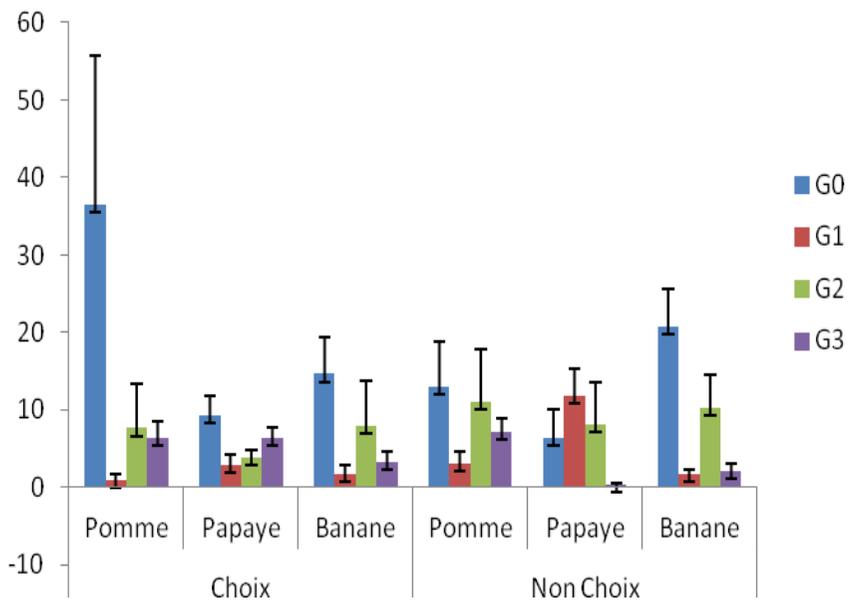


Figure 4 : Nombre moyen de pupes de *C. anonae* obtenues par fruit en condition de choix et non choix.

Tableau 1: Résultats de l'analyse de variance des femelles attirées et du nombre de pupes obtenues.

	Femelles attirées			Nombre de pupes récoltées		
	F	Ddl	Pr	F	Ddl	Pr
<i>Ceratitis cosyra</i> Choix						
Fruit	20,91	2	<0,0001*	7,04	2	0,0018*
Generation	17,02	3	<0,0001*	0,23	3	0,87
Fruit x Generation	3,83	6	0,0027*	0,49	6	0,8
<i>Ceratitis cosyra</i> Non choix						
Fruit	16,55	2	<0,0001*	0,13	2	0,87
Generation	0,42	3	0,73	0,62	3	0,59
Fruit x Generation	0,95	6	0,46	1,62	6	0,15
<i>Ceratitis anonae</i> Choix						
Fruit	2,45	2	0,094	0,33	2	0,71
Generation	12,34	3	<0,0001*	6,01	3	0,0012*
Fruit x Generation	6	6	0,52	0,34	6	0,91
<i>Ceratitis anonae</i> Non Choix						
Fruit	4,37	2	0,0169*	0,73	2	0,48
Generation	4,14	3	0,0098*	4,41	3	0,0071*
Fruit x Generation	2,36	6	0,0405*	4,04	6	0,0018*

F= Statistique de Fischer; Ddl= Degré de liberté; Pr=Valeur de la probabilité; *=Valeur de la probabilité<0,05.

Tableau 2: Résultats de l'analyse de la variance et moyennes des autres paramètres mesurés sur *C. cosyra*.

	Choix			Statistiques du test de Wilcoxon (Fruit)	Non-choix			Statistiques du test de Wilcoxon (Fruit)	
	Pomme	Papaye	Banane		Pomme	Papaye	Banane		
Poids 10 pupes (g)	G0	0,05±0,01	0,06±0,02	0,045±0,01		0,03±0,003	0,05±0,01	0,05±0,009	
	G1	0,06±0,01	0,03±0,001	0,09±0,00		0,08±0,08	0,06±0,01	0,05±0,009	
	G2	0,05±0,009	0,06±0,001	0,04±0,00	X ² =5,66 Ddl=2 Pr=0,05	0,06±0,01	0,03±0,01	0,05±0,02	X ² =1,02 Ddl=2 Pr=0,59
	G3	0,06±0,002	0,05±0,006	0,05±0,006		0,06±0,04	0,04±0,00	0,04±0,01	
	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	X ² =2,66 Ddl=3 Pr=0,44			X ² =0,5 Ddl= 3 Pr=0,91				
Durée du cycle (Jr)	G0	22±0,91	20,33±0,88	19±0,00		22,33±1,67	19,33±0,88	22±0,5	
	G1	20,60±1,21	19,75±0,47	20,5±0,5		18±0,00	19,5±0,5	20±0,91	
	G2	19±0,00	17,5±1,50	19±0,00	X ² =11,21 Ddl=2 Pr=0,0037*	19±0,57	19,20±0,49	19,66±0,33	X ² =2,31 Ddl=2 Pr=0,31
	G3	20±0,54	19,25±0,25	18,66±0,88		20,40±0,24	20±0,00	20±2	
	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	X ² =5,38 Ddl=3 Pr=0,14			X ² =4,64 Ddl=3 Pr=0,19				
Taux d'émergence (%)	G0	91,23±5,91	88,96±8,87	83,33±0,00		82,17±7,76	90,91±9,09	90,28±6,24	
	G1	89,75±4,25	100	82,22±9,69		100±0,00	91,23±3,14	90,53±3,57	
	G2	86,98±1,49	84,74±3,26	40±0,00	X ² =8,38 Ddl=2 Pr=0,01*	91,85±4,38	93,36±4,10	86,98±6,51	X ² =0,19 Ddl=2 Pr=0,90
	G3	97,53±1,77	100	88,9±11,1		97,78±2,22	100±0,00	83,33±16,7	
	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	X ² =8,36 Ddl=3 Pr=0,03*			X ² =0,97 Ddl=3 Pr=0,80				

G0	1,28±0,62	0,95±0,2	0,66±0,00		0,83±0,10	1,00±0,00	1,36±0,4	
G1	0,75±0,4	0,96±0,51	2±0,00		1,5±0,00	0,85±0,17	1,19±0,38	
G2	0,88±0,12	1,01±0,26	1,00±0,00	X ² =4,00 Ddl=2	0,87±0,23	0,98±0,22	1,47±0,17	X ² =2,08 Ddl=2
G3	0,80±0,35	1,11±0,19	1,33±0,57	Pr=0,13	1,26±0,59	0,6±0,00	1,00±0,00	Pr=0,35
Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	X ² =4,82 Ddl=3 Pr=0,18				X ² =2,36 Ddl=3 Pr=0,5			

Sexe-ratio (F/M)

X²= Chi carré; Ddl= Degré de liberté; Pr= Valeur de la probabilité; g= gramme; Jr= Jour; * = Valeur de Pr<0,05.

Tableau 3: Résultats de l'analyse des variances et Moyennes des autres paramètres mesurés sur *C. anonae*.

	Choix			Statistiques du test de Wilcoxon (Fruit)	Non-choix			Statistiques du test de Wilcoxon (Fruit)	
	Pomme	Papaye	Banane		Pomme	Papaye	Banane		
G0	0,04±0,006	0,04±0,01	0,05±0,01		0,03±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01		
G1	0,04±0,03	0,02±0,018	0,01±0,00	X ² =7,00	0,07±0,008	0,04±0,01	0,03±0,02		
G2	0,05±0,02	0,06±0,01	0,06±0,02	Ddl=2	0,05±0,01	0,05±0,01	0,07±0,01	X ² =0,36 Ddl=2	
G3	0,06±0,00	0,06±0,004	0,05±0,004	Pr=0,03*	0,06±0,004	0,06±0,00	0,06±0,008	Pr=0,83	
Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	X ² =8,12 Ddl=3 Pr=0,04*				X ² =2,36 Ddl= 3 Pr=0,49				
Poids 10 pupes(g)	G0	20,25±0,94	19,00±0,31	18,4±0,51		20,5±0,42	19,00±0,31	18,83±0,6	
Durée du cycle(Jr)	G1	16,5±0,5	17,00±0,40	19,00±1,00	X ² =1,94	17,5±0,28	16,83±0,70	17,5±0,28	X ² =4,90 Ddl=2
	G2	19,00±0,00	17,5±0,34	18,33±0,88	Ddl=2 Pr=0,37	18,25±0,94	17,6±0,67	18,20±0,49	Pr=0,12

	G3	20,20±0,37	20,83±1,08	20,60±1,12		20,60±0,40	20,00±0,00	21,33±0,88	
	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	$X^2=25,17$ Ddl=3 Pr=0,0001*				$X^2=12,31$ Ddl=3 Pr=0,0064*			
	G0	85,84±1,12	83,51±3,55	87,82±4,31		86,33±4,46	90,93±6,50	83,48±1,52	
	G1	100,00±0,00	93,75±6,25	100,00±0,0		92,22±4,84	89,24±3,96	91,67±8,34	
	G2	85,45±5,45	86,90±8,73	93,52±6,48	$X^2=3,06$	90,60±5,50	94,83±3,21	87,53±8,33	$X^2=0,31$ Ddl=2
	G3	92,25±4,75	81,39±7,58	89,28±6,84	Ddl=2 Pr=0,21	85,51±6,33	100,00±0,00	83,33±9,62	Pr=0,85
Taux d'émergence (Pourcentage %)	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	$X^2=1,77$ Ddl=3 Pr=0,62				$X^2=6,12$ Ddl=3 Pr=0,10			
	G0	0,95±0,12	1,11±0,21	0,93±0,08		0,84±0,09	0,70±0,12	1,15±0,20	
	G1	1,00±0,00	1,33±0,16	0,91±0,41		1,00±0,00	1,55±0,34	1,00±0,00	
	G2	0,99±0,33	1,33±0,42	1,06±0,23	$X^2=4,92$	1,34±0,04	1,53±0,73	0,92±0,15	$X^2=1,04$ Ddl=2
	G3	1,39±0,41	1,43±0,16	1,20±0,12	Ddl=2 Pr=0,08	1,04±0,19		0,21±0,2	Pr=0,59
Sexe-ratio (F/M)	Statistiques du test de Wilcoxon (Génération)	$X^2=7,68$ Ddl=3 Pr=0,05				$X^2=2,20$ Ddl=3 Pr=0,53			

X^2 = Chi carré; Ddl= Degré de liberté; Pr= Valeur de la probabilité; g= gramme; Jr= Jour; * = Valeur de Pr<0,05.

DISCUSSION

Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles sont influencées par des stimuli non seulement physiques mais aussi chimiques et plusieurs auteurs ont aussi mis en évidence le rôle des stimuli visuels et olfactifs dans la sélection de l'hôte chez les Téphritides (Mille, 2010). L'attraction des femelles de *C. cosyra* et *C. anonae* peut donc être considérée comme une résultante de la combinaison de ces stimuli, une fois les fruits introduits dans les cages. Pour *C. cosyra*, la pomme sauvage et la papaye ont été plus attractives que la banane tandis que chez *C. anonae*, la papaye a été la plus attractive en condition de non choix uniquement, tous les fruits ayant été attractifs au même titre en condition de choix. L'attraction des femelles de *C. cosyra* vers la pomme sauvage et la papaye peut s'expliquer par la forme et la couleur de ces fruits. En effet, la pomme sauvage a une forme sphérique et les dômes de papayes utilisées ont une forme en cloche contrairement à la banane qui présente une forme allongée. A maturité, la pomme sauvage est d'une couleur jaune et la papaye de couleur jaune-orangée. La couleur, la forme et la taille de certains objets sont extrêmement attractifs pour les Téphritidae, les grands objets étant d'autant plus attractifs quand ils sont de couleur jaune alors que les petits eux le sont plutôt quand ils sont rouges ou sombrement colorés et de forme sphérique (Mille, 2010). Il ressort des travaux de la présente étude que *C. anonae* est attiré de la même façon par les trois fruits. L'attraction dans ce cas semble donc ne pas être déterminée de façon prépondérante par la couleur et la forme des fruits. Les kairomones pouvant être définies comme des odeurs émanant d'une plante ou plus précisément d'un fruit auraient joué ici un rôle plus important que dans le cas de *C. cosyra*.

Des pupes ont été obtenues de tous les fruits testés. Bien qu'étant plutôt hôtes de *B. dorsalis* dans les zones agro-écologiques du Bénin où ils sont cultivés (Vayssières et al., 2009 ; Goergen et al., 2011) ces fruits se révèlent propices au développement en

laboratoire des Téphritidae indigènes plus rarement obtenus d'eux ; particulièrement pour *C. cosyra* dont la zone de distribution couvre principalement les zones géographiques autres que celles où sont cultivés les fruits testés. Cependant, pour *C. cosyra*, la pomme sauvage et la papaye sont ceux qui ont donné le plus de pupes. D'après Baldy (2014), la spécialisation sur un fruit hôte chez les femelles de mouches Téphritidae dépend des préférences de ces dernières, mais aussi des performances larvaires de la mouche dans le fruit, des conditions climatiques et de la compétition intra spécifique. Pour la présente expérimentation, la ponte semble ne pas être uniquement déterminée par l'attraction des fruits envers les femelles. La compétition intra spécifique entrerait aussi en ligne de compte. Elle se passe au niveau des femelles adultes d'une part mais aussi entre les larves dans le fruit d'autre part. Cette dernière est à considérer sérieusement car très fréquente chez les mouches Téphritidae (Ouedraogo, 2011). En effet, d'après cet auteur, les larves creusent des galeries dans le fruit, décomposent les tissus et ingèrent ceux détruits et la proportion de larves sur chaque fruit pourrait donc avoir des répercussions sur le nombre et la qualité des pupes obtenues. Ceci pourrait expliquer le faible poids de certaines pupes issues des pommes à la suite d'une compétition entre les larves. *C. anonae* quant à lui semble plus s'accommoder de tous les fruits testés puisqu'aucun fruit ne se détache singulièrement, ce qui est en adéquation avec l'attraction des femelles de cette espèce vers les fruits. Les déterminants du choix du fruit hôte pour la ponte chez cette espèce seraient probablement différents de ceux de *C. cosyra*.

Les paramètres tels que le sexe ratio, le taux d'émergence n'ont pas significativement varié d'un fruit à l'autre pour les deux espèces. Par contre à la génération G1, certains paramètres tels que le nombre de femelles attirées et de pupes obtenues ont eu une tendance à la baisse. Ceci pourrait être dû à l'adaptation aux conditions environnementales du laboratoire, dont

particulièrement la luminosité qui est artificielle plutôt que naturelle et la température qui est fixée alors qu'elle est plus variable en conditions naturelles. En effet, d'après Ekesi et Mohamed (2011), la réussite de l'adaptation au laboratoire des souches sauvages de Tephritidae dépend fortement des trois premières générations où plusieurs paramètres tels que le développement et le taux de survie des larves, le poids des pupes, la fécondité etc. peuvent baisser allant jusqu'à faire échouer l'adaptation. Dans le cas d'espèce, ces paramètres sont revenus progressivement au niveau de G0 indiquant une adaptation sans laquelle, l'établissement de la population de *C. anonae* et *C. cosyra* au laboratoire à partir des populations sauvages aurait échoué.

L'opportunité de l'élevage des mouches de fruits à partir des fruits entiers au laboratoire est discutée par des auteurs dont particulièrement Ekesi et Mohamed (2011). Ces auteurs évoquent la difficulté de la manipulation des fruits au laboratoire, le développement des moisissures, l'indisponibilité en fonction des saisons comme freins à l'utilisation des fruits comme milieu de culture pour l'élevage des Tephritides. La fréquence d'apparition de moisissures dans les présents essais est restée faible.

Conclusion

Les résultats obtenus suggèrent la possibilité d'utiliser ces fruits pour l'élevage de ces mouches au laboratoire et offrent ainsi une alternative aux milieux liquides et solides mis au point et qui sont plus difficilement accessibles sur le plan financier dans certains contextes. Mais cette possibilité doit être optimisée. Ceci permettra, de tirer le meilleur parti du potentiel de ces fruits.

REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissants à MM Kouami N'djolossè et Rovitch Kounoumassi pour leur aide dans la collecte des fruits de *Murraya paniculata* et *Sarcocephalus latifolius* dans les différentes localités du

Bénin en vue de l'obtention des premières populations de mouches issues du milieu naturel.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

EOdeS s'est chargé de la conduite de la partie des travaux relatifs à *Ceratitis anonae*, du suivi quotidien de tout le processus expérimental au laboratoire ainsi que de la rédaction du présent manuscrit ; FMA s'est chargée de l'analyse des données ainsi que des relectures du manuscrit ; AHB-G a supervisé la rédaction du protocole, suivi l'exécution des travaux et assuré les relectures du manuscrit ; AA et EZ ont conduit une partie des expérimentations au laboratoire, particulièrement celles relatives à l'espèce *Ceratitis cosyra*.

REFERENCES

- Amevo K, Sanbena BB, Nuto Y, Gomina M, De Meyer M, Glitho AI. 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.
- Baldy S. 2014. Préférence des femelles chez une communauté de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) vis à vis de la gamme de fruits-hôtes présente à la Réunion. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur horticole, option Inter-Etablissement, Protection des Plantes et Environnement, Agro Campus Ouest, Montpellier, p. 124.
- Bokonon-Ganta AH, Ramadan MM, Messing RH. 2007. Reproductive biology of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, **41**: 361-367.

- Bossou I. 2011. Evaluation de quelques variétés de bananes (*Musa sp*) pour la production de masse de *Bactrocera invadens*, Drew, Tsuruta et White (Diptera : Tephritidae). Thèse présentée pour l'obtention du Master en Entomologie Appliquée. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, p. 33.
- Chang CL, Vargas R, 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**: 1191-1198.
- De Meyer M. 2000. Systematic revision of subgenus *Ceratitidis* MacLeay s.s. (Diptera, Tephritidae). *Zoological Journal of Linnean Society*, **128**: 439-467.
- Ekesi S, Billah MK. 2006. *A field Guide to the Management of Economically Important Tephritid Fruit Flies in Africa* (2nd edn). ICIPE Science Press: Nairobi, Kenya.
- Ekesi S, Mohamed SA. 2011. Mass Rearing and Quality Control Parameters for Tephritids Fruit Flies of Economic Importance in Africa, Wide Spectra of Quality Control. In Dr. Isin Akyar (Ed.), ISBN: 978-953-307-683-6, In Tech, Available on: <http://www.intechopen.com/books/wide-spectra-of-quality-control/mass-rearing-and-quality-control-parameters-for-tephritid-fruit-flies-of-economic-importance-in-africa>
- Goergen G, Vayssières J-F, Gnanvossou D, Tindo M. 2011. *Bactrocera invadens* (Diptera : Tephritidae), a New Invasive Fruit Fly Pest for Afrotropical Region : Host Plant range and distribution in West and Central Africa. *Environmental Entomology*, **4**(4): 844-854.
- Hintènou VM. 2012. Etude comparative du développement de *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta et White (Diptera : Tephritidae) sur une plante hôte préférentielle (*Irvingia gabonensis*) et une plante hôte secondaire (*Musa sp.*). Mémoire présenté pour l'obtention de la Licence Professionnelle en Agronomie, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest, Cotonou, p. 51.
- Konta IS, Djiba S, Sane S, Diassi L, Ndiaye AB, Noba K. 2015. Etude 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.
- Lloyd AC, Hamacek EL, Kopittke RA, Peek T, Wyatt PM, Neale CJ, Elkema M. 2010. Area-wide management of fruit flies (Diptera: tephritidae) in the Central Burnett district of Queensland, Australia. *Crop Protection*, **29**: 462-469.
- 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, 349p.
- Mohamed SA, Ekesi S, Khamis F. 2012. Biology and management of Fruit flies in Africa, their risk of invasion and potential impact in the near East. Regional symposium on the management of fruit flies in the Near East countries, Hammamet, Tunisia, 6-8 November 2012.
- Ngamo Tinkeu L, Ladang D, Vayssières J-F, Lyannaz J-P. 2010. Diversité des espèces de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) dans un verger mixte dans la localité de Malang (Ngaoundéré, Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(5): 1425-1434.
- Ouedraogo 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 présentée pour obtenir le grade de

- Docteur de l'Université Paris Est, p. 184.
- Rousse P. 2007. Spécificité parasitaire et sélection de l'hôte chez un parasitoïde ovo-pupal de mouches de fruits Tephritidae. Thèse présentée à l'Université de la Réunion pour l'obtention du diplôme de doctorat, St Pierre, p. 166.
- Vargas R, Ramadan M, Hussain T, Mochizuki N, Bautista RC, Stark JD. 2002. Comparative demography of six fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, **25**: 30-40.
- Vayssières JF, Sinzogan A, Bokonon-Ganta A. 2008a. Les mouches de fruits du genre *Ceratitis* en Afrique de l'Ouest, IITA-CIRAD, Fiche tech. WAFFI no 1, Cotonou, Benin, p. 4.
- Vayssières JF, Sinzogan A, Bokonon-Ganta A. 2008b. La nouvelle espèce invasive de mouche des fruits : *Bactrocera invadens* Drew Tsuruta et White, IITA-CIRAD, Fiche tech. WAFFI no 2, Cotonou, Benin, p. 4.
- Vayssières JF, Sinzogan A, Adandonon A. 2009. Gamme de plantes-hôtes et sauvages pour les principales espèces de mouches des fruits au Bénin, Fiche tech. WAFFI no 8, Cotonou, Benin, p. 4.
- Vayssières J-F, Adanonon A, Sinzogan A. 2010. Diversity of fruit fly species (Diptera : Tephritidae) associated with citrus crops (Rutaceae) in southern Benin in 2008-2009. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **4**(6): 1881-1897.
- Vayssières JF, Wharton R, Adandonon A, Sinzogan AAC. 2011. Preliminary inventory of parasitoids associated with fruit flies in mangoes, guavas, cashew pepper and wild fruit crops in Benin. *Biocontrol*, **56**(1): 35-43.
- Vayssières JF, Adandonon A, N'diaye O, Sinzogan A, Kooyman C, Badji K, Rey JY, Wharton RA. 2012. Native Parasitoids Associated with Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Cultivated and Wild Fruit Crops in Casamance, Senegal. *African Entomology*, **20**(2): 308-315.