

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA SANTE, DE LA VIE ET DE  
L'ENVIRONNEMENT

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2016      N° d'ordre : 247



**THESE DE DOCTORAT**

Spécialité : Ecologie et Gestion des Ecosystèmes

Présentée par **Paterne DIATTA**

**Relations entre la typologie des agro-écosystèmes fruitiers et les fluctuations de la population de la mouche des fruits : *Bactrocera dorsalis* (Hendel) dans les régions de Dakar et Thiès (Sénégal)**

Soutenue le 16 décembre 2016 devant le jury composé de :

Président	<b>Mr Bhen Sikina TOGUEBAYE</b>	Professeur titulaire	<b>(FST-UCAD)</b>
Rapporteurs	<b>Mr Dominique BORDAT</b>	Directeur de recherche	<b>(CIRAD)</b>
	<b>Mr Mame Samba MBAYE</b>	Maître de conférences	<b>(FST-UCAD)</b>
	<b>Mr Mbacké SEMBENE</b>	Professeur titulaire	<b>(FST-UCAD)</b>
Examineurs	<b>Mr Victor Emile COLY</b>	Directeur de recherche	<b>(DPV)</b>
	<b>Mr Jean-Yves REY</b>	Directeur de recherche	<b>(CIRAD)</b>
	<b>Mme Diénaba SALL-SY</b>	Chargée de recherche	<b>(ISRA/CDH)</b>
	<b>Mr Jean-François VAYSSIERES</b>	Directeur de recherche	<b>(CIRAD)</b>
Directeur	<b>Mr Karamoko DIARRA</b>	Professeur titulaire	<b>(FST-UCAD)</b>

**Co-encadrants : Dr Jean-Yves REY, CIRAD ; Dr Isabelle GRECHI, CIRAD ; Dr Jean-François VAYSSIERES, CIRAD ; Dr Mathieu LECHAUDEL, CIRAD**

## Remerciements

### “PRO DEO ET PROXIMO”

*Je voudrais tout d’abord remercier le **Professeur Karamoko DIARRA**, qui malgré ses occupations et ses responsabilités, a su trouver du temps nécessaire pour assurer la direction de ma thèse. Au cours de ces années de thèse, sa disponibilité, sa rigueur scientifique et ses précieux conseils m’ont permis de travailler dans les meilleures conditions.*

*J’adresse mes remerciements sincères aux Professeurs **Bhen Sikina TOGUEBAYE** et **Mbacké SEMBENE**, aux Messieurs **Mame Samba MBAYE** et **Dominique BORDAT** pour avoir eu l’amabilité d’accepter de juger ce travail.*

*J’adresse mes sincères remerciements au **Dr Jean-Yves REY** qui m’a proposé ce sujet et n’a ménagé aucun effort pour assurer son bon déroulement. Sa confiance permanente, la patience témoignée à mon égard, la simplicité de nos rapports m’ont permis d’asseoir une bonne base et de nourrir un grand amour pour l’arboriculture fruitière. Qu’il soit assuré de mon grand attachement et de ma profonde gratitude pour avoir facilité mon accès au vaste monde de la recherche.*

*L’aboutissement de ce travail n’aurait pas été possible sans le soutien et la contribution quotidienne des membres de l’équipe de recherche. Je nomme et remercie chaleureusement, **Manga Kama, Makhou DIOP, Mohamed DIATTA, Pierre NDIONE, Christian NDIONE, Olivier MINKILANE, Raoul DIATTA, Abdoulaye KA** et les propriétaires des vergers de Notto Gouye Diama (**Ousmane SALL, Baba DIOUM et EANGDS**), de Thiès, de Pout, de Keur-Moussa (**MONASTERE**) et de Sébikotane-Ndoyenne. Sans oublier les nombreux stagiaires particulièrement **El Hadji DIABANG et Hardachir YASMINE** qui se sont impliqués avec énergie dans ce travail.*

*Ce travail a été soutenu par l’**ISRA**, le projet **PDMAS** et les Directeurs successifs du **CDH, Dr Emile Vitor COLY** et **Dr Diénaba SALL-SY**. Leurs soutiens, leurs encouragements ainsi que ceux des **Directions Générale et Scientifique de l’ISRA** ont permis d’aboutir aujourd’hui à ce manuscrit. Qu’ils trouvent ici, l’expression de ma profonde gratitude.*

## Remerciements

*Au personnel et aux collègues de l'ISRA en général et à celui du Centre pour le Développement de l'horticulture (CDH) en particulier où j'ai préparé une grande partie de cette thèse ; j'exprime ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements pour les conseils, les multiples et les divers soutiens. Je me garde de citer des noms pour ne pas en oublier, mais je demande à chacun de trouver ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Aux collègues doctorants avec qui j'ai partagé de merveilleux moments dans les vergers comme dans les laboratoires du CDH et du Pr. Karamoko DIARRA, j'exprime ma joie de les avoir connus et les remercie de l'ambiance cordiale ainsi que la franche collaboration qui animait et anime notre quotidien. A ceux qui sont sur le chemin de la thèse, je vous adresse tous mes encouragements et mes vœux de succès.*

*Mon inscription en thèse à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et mes séjours en France ont été facilités grâce au soutien et partenariat entre le CIRAD et l'ISRA. Je remercie particulièrement l'unité Hortsys qui m'a d'abord accueilli à l'Île de la Réunion puis à Montpellier. Cette unité par son assistance a su m'apporter un soutien inestimable pour son investissement lors de mes comités de thèse, dans le traitement et l'exploitation des données d'une part et d'autre part dans la documentation et la recherche bibliographique. Que toutes les personnes de cette unité ; particulièrement Eric MALEZIEUX, Jean-Yves REY, Hubert DE BON, Isabelle GRECHI, Jean-François VAYSSIERES, Mathieu LECHAUDEL et toutes les autres personnes de l'équipe de recherches et personnel d'appui trouvent ici, par ces simples mots l'expression de ma profonde gratitude.*

*Merci à tous mes parents (frères et sœurs ; cousins et cousines, neveux et nièces, oncles et tantes, beaux parents) et mes amis qui ont toujours cru en moi et qui ont su me redonner confiance lorsque la motivation n'était plus au rendez-vous. Que tous par ces simples mots, trouvent l'expression de ma grande et profonde gratitude.*

*Je ne saurais terminer ces remerciements sans d'abord porter une pensée particulière à ma maman Julienne A. DIATTA puis à mes deux pères Marcel Koubadji DIATTA et Pierre Tylène DIATTA qui m'ont toujours poussée à rechercher et désirer inlassablement la connaissance et l'amour du travail.*

## Remerciements

*Toute mon admiration et mes chaleureux remerciements à ma chère épouse **Anna Aby DIATTA** pour avoir accepté et supporté pendant plusieurs années ce projet de thèse avec ses exigences et les nombreux sacrifices consentis. Elle a supporté, compris et/ou subi mes longues périodes d'absence et de silence, mais qui malgré tout a continué de me soutenir.*

## Résumé



**Figure 1:** Mangue avec des coulées de larmes suite aux piqûres des mouches des fruits

## Résumé

Depuis le signalement et l'établissement dans de nombreux pays d'Afrique, de l'espèce *Bactrocera dorsalis* dans les agrosystèmes fruitiers, les productions fruitières sont considérablement affectées par des contraintes d'ordre phytosanitaires liées particulièrement aux piqûres de cette espèce polyphage. Ces contraintes ont non seulement réduit l'étalement de la production de mangue de qualité, mais surtout elles constituent de lourdes menaces pour son exportation du fait des procédures et des mesures très sévères de quarantaine.

Dans ce travail, la sensibilité en fonction du stade phénologique du fruit aux piqûres de mouches des fruits, le mode de maintien de ces mouches des fruits dans les agrosystèmes fruitiers, les paramètres démographiques et l'effet de la composition et de la structuration des espèces fruitières au sein des vergers ont été étudiés par une démarche expérimentale en relation avec la bio-écologie de l'espèce invasive *Bactrocera dorsalis* (**Diptera, Tephritidae**) dans les régions de Dakar et Thiès.

Les connaissances acquises de l'exploitation et de l'analyse des données collectées permettent de dire que les différents stades phénologiques des fruits sont sensibles aux piqûres de *Bactrocera dorsalis*, mais cette espèce préfère pondre dans des fruits au stade mûr à ceux au stade immature. Aussi en dehors de la période de maturité des mangues, *B. dorsalis* est relativement plus abondante dans les vergers mixtes irrigués que dans les autres vergers (homogènes ou mixtes non irrigués). Les pics de capture de *B. dorsalis* sont observés au sein des vergers pendant la saison chaude et pluvieuse, en revanche les captures les plus faibles sont enregistrées à la saison sèche et fraîche. De plus l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* dans les vergers est fortement corrélée à leurs compositions végétales, aux pratiques culturales qui y sont menées ainsi qu'à certains paramètres climatiques.

**Mots clés :** Diptera, Tephritidae, *Bactrocera dorsalis*, fluctuation de populations, préférence de ponte, typologie des vergers, agro-écosystèmes, Niayes, Sénégal

## **LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES**

<b>BDH</b>	Boucodiékhal
<b>CDH</b>	Centre pour le Développement de l'Horticulture
<b>CIRAD</b>	Centre Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
<b>ED-SEV</b>	Ecole Doctorale Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement
<b>FST</b>	Faculté des Sciences et Techniques
<b>ISRA</b>	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
<b>PDMAS</b>	Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal
<b>UCAD</b>	Université Cheikh Anta Diop de Dakar

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Effet du stade phénologique des agrumes sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> , évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur les trois espèces d'agrumes ....	36
<b>Tableau 2:</b> Effet des stades phénologiques de la mangue sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> . .....	37
<b>Tableau 3:</b> Effet du stade physiologique de la mangue sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> , évalué à partir du nombre de pupes par fruit sur quatre variétés de mangue.....	37
<b>Tableau 4:</b> Effet de l'espèce fruitière sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> , évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur mangue, agrumes et papaye. ....	39
<b>Tableau 5:</b> Calendrier de disponibilité des fruits hôtes dans les agro-écosystèmes fruitiers des régions de Thiès et Dakar. ....	53
<b>Tableau 6:</b> Reproduction des mouches des fruits au cours de l'année en fonction des espèces fruitières hôtes et de leur stade de maturité. ....	56
<b>Tableau 7:</b> Reproduction des mouches des fruits à partir des fruits hôtes cultivés pendant l'année.....	57
<b>Tableau 8:</b> Corrélation de Pearson entre l'abondance de <i>B. dorsalis</i> et les paramètres quantitatifs des vergers de Thiès et Dakar .....	95

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Mangue avec des coulées de larmes suite aux piqûres des mouches des fruits .....	v
Figure 2: Parcelle de papayiers en production dans la région de Dakar.....	17
Figure 3: Parcelle d'agrumes en production à Ndoyenne (Sébikotane_Dakar).....	19
Figure 4: Parcelle de manguiers en production de la variété Kent en production à Notto Gouye Diama.....	22
Figure 5: Mangues à différents stades phénologiques exposés à <i>B. dorsalis</i> .....	33
Figure 6: Agrumes à différents stades phénologiques.....	33
Figure 7: Mangues "sur arbre" immatures .....	34
Figure 8: Mangues "avorté" immature .....	34
Figure 9: Effet du stade phénologique de la papaye sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> , évalué en fonction du nombre de pupes par fruits .....	35
Figure 10: Effet de la variété de mangue sur la préférence de ponte de <i>B. dorsalis</i> , évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur des mangues mures.....	38
Figure 11: Carte représentant la zone des Niayes dans le Sénégal .....	44
Figure 12: Carte représentant l'ensemble des sites étudiés dans les régions de Thiès et de Dakar .....	45
Figure 13: Mangues immatures avortées sur pieds et hébergeant des larves de mouches des fruits.....	46
Figure 14: Mangues immatures avortées par abscission piquées par <i>Bactrocera dorsalis</i> . ....	47
Figure 15: Développement de larves dans des mangues immatures et avortées par abscission .....	47
Figure 16: Sortie de larves de mouches des mangues immatures pour la pupaison. ....	48
Figure 17: Agrumes infestés par les mouches des fruits. Une femelle de <i>Bactrocera dorsalis</i> piquant au sol une mandarine mûre (a). Les larves de mouches des fruits en s'alimentant dans le fruit comme le pomélo, accélère sa décomposition (b) .....	48
Figure 18: Pupes de mouches des fruits extraites du sol. Dans le sol, des pupes peuvent être extraites sur les 3 premiers centimètres de profondeur de sol (a et b) .....	49
Figure 19: Emergence de <i>B. dorsalis</i> observée dans le verger. Sur et ou sous certains fruits immatures et avortés par abscission au sol, il arrive que le stade de pupaison ait lieu dans le fruit. Ces fruits ont parfois des diamètres compris entre 3 et 4 centimètres aussi aux premières heures de la journée où les émergences des mouches des fruits sont généralement observées, il est possible d'assister à cette mutation de ces insectes. ....	49
Figure 20: Incubation des mangues immatures collectées. Les fruits collectés sont placés dans des seaux ayant à leur base du sable fin (a). Selon leur calibre, les fruits classés dans le seau puis fermé à l'aide d'un tissu fin pendant la phase d'incubation (b). ....	50
Figure 21: Evolution des infestations des fruits de la période défavorable à celle favorable...52	52
Figure 22: Nombre de <i>B. dorsalis</i> mâle et femelle éclos à partir des différents fruits collectés durant la période d'avril-13 à mars-14 .....	54
Figure 23: Nombre de <i>B. dorsalis</i> émergés chaque mois selon les espèces fruitières .....	55
Figure 24: Piège de mouches des fruits placé dans un verger et attirant les mâles de <i>B. dorsalis</i> .....	66
Figure 25: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014, dans les régions de Thiès et Dakar.....	67
Figure 26: Fluctuation de population <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger monovariétal de manguiers à Notto Gouye Diama (Thiès) .....	68

Figure 27: Fluctuation de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger d'agrumes à Notto Gouye Diama (Thiès).....	69
Figure 28: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger pluriovariétal de manguiers situé autour de la ville de Thiès .....	70
Figure 29: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger pluriovariétal de manguiers situé autour de la ville de Thiès .....	71
Figure 30: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger mixte (plusieurs variétés de manguiers et plusieurs espèces d'agrumes) à Pout (Thiès) .....	72
Figure 31: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger pluriovariétal de manguiers à Pout (Thiès).....	73
Figure 32: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger mixte (agrumes et manguiers avec une dominance des agrumes) à Ndoyenne (Sébikotane-Dakar) .....	74
Figure 33: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 dans un verger mixte à Keur-Moussa (Thiès) .....	75
Figure 34: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 à partir de juin à septembre (période favorable) dans 69 vergers (Thiès et Dakar), .....	76
Figure 35: Fluctuation de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> de 2011 à 2014 à partir de janvier à avril (période défavorable) dans 69 vergers (Thiès et Dakar) .....	76
Figure 36: Niveau de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> pendant le mois de décembre dans 69 vergers (Thiès et Dakar), .....	78
Figure 37: Niveau de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> pendant le mois de février dans 69 vergers (Thiès et Dakar) .....	79
Figure 38: Niveau de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> pendant le mois de mars dans 69 vergers (Thiès et Dakar), .....	80
Figure 39: Niveau de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> pendant le mois d'avril dans 69 vergers (Thiès et Dakar) .....	81
Figure 40: Niveau de population de <i>Bactrocera dorsalis</i> pendant le mois de mai dans 69 vergers (Thiès et Dakar), .....	82
Figure 41: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Ndoyenne_Sébikotane_Keur-Moussa .....	88
Figure 42: Verger mixte d'agrumes et de manguiers à Ndoyenne .....	89
Figure 43: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Pout.....	89
Figure 44: Verger mixte de manguiers et d'agrumes à Pout.....	90
Figure 45: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Notto Gouye Diama.....	91
Figure 46: Verger monovariétal de manguiers à Notto Gouye Diama.....	91
Figure 47: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées Thiès .....	92
Figure 48: Verger à dominance de manguiers à Thiès .....	93
Figure 49: Effet du type de verger sur l'abondance de <i>B. dorsalis</i> .....	96
Figure 50: Effet de la zone sur l'abondance de <i>B. dorsalis</i> .....	97
Figure 51: Influence de l'usage des pesticides et de la récolte sanitaire sur l'abondance des mouches des fruits .....	98
Figure 52: Influence de l'entretien du sol dans les vergers sur l'abondance de <i>B. dorsalis</i> .....	99
Figure 53: Influence de l'entretien du sol, du type de verger, de la zone et de la fréquence des irrigations dans les vergers sur l'abondance de <i>B. dorsalis</i> .....	100

# TABLE DES MATIERES

Remerciements .....	ii
Résumé.....	vi
Introduction générale .....	2
<b>CHAPITRE 1 : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>6</b>
I    Les mouches des fruits.....	7
I.1.    Systématique.....	7
I.2.    Biologie et cycle de la reproduction et de développement .....	7
I.3.    Influences des facteurs environnementaux .....	8
I.4.    Comportement .....	9
I.5.    Plantes hôtes .....	10
I.6.    L’impact économique .....	10
I.7.    Lutte contre les mouches des fruits.....	11
I.8.    Bases agro-écologiques de la prévention du risque phytosanitaire .....	13
I.9.    Le système population-environnement .....	13
I.10.    Diversité biologique et écologie des interactions durables.....	14
I.11.    Gestion des populations et de leurs habitats .....	15
I.12.    Stratégie et application .....	16
II Généralités sur les principaux fruits cultivés dans les Niayes.....	16
II.1.    La papaye.....	17
II.2.    Les agrumes .....	19
II.3.    La mangue.....	21
<b>CHAPITRE 2 : Préférence de ponte et sensibilité des fruits aux piqûres de mouches des fruits.....</b>	<b>28</b>
I.    Effet de l’état physiologique et du stade de développement du fruit (agrumes, mangues et papayes) sur la préférence de ponte de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Diptera : Tephritidae) .....	29
I.1.    Introduction .....	30
I.2.    Matériel et méthode .....	31
I.3.    Résultats .....	35
I.4.    Discussion .....	39
I.5.    Conclusion.....	42
II.    Les mangues immatures avortées par abscission sont à l’origine des pullulations des populations de mouches des fruits enregistrées en période favorables .....	43
II.1.    Introduction.....	43
II.2.    Matériel et méthode.....	43
II.2.2. Espèces fruitières cultivées dans les agrosystèmes des Niayes .....	45
II.3.    Résultats.....	52
II.4.    Discussion.....	59

II.5. Conclusion .....	61
<b>CHAPITRE 3 : Fluctuation des populations de mouches des fruits dans les régions de Dakar et Thiès .....</b>	<b>63</b>
I. Distribution spatio-temporelle et dynamique pluri-annuelle de la population de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) (Diptera : Tephritidae) dans les Niayes (Sénégal) .....	64
I.1. Introduction .....	64
I.2. Matériel et méthode .....	64
I.3. Résultats .....	67
I.4. Discussion .....	83
I.5. Conclusion.....	86
II. Comment certains facteurs de l’environnement et les pratiques des producteurs influencent l’abondance de <i>Bactrocera dorsalis</i> ? .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1. Introduction.....	87
II.2. Matériel et méthodes .....	87
II.3. Résultats.....	95
III.2. Influence de la typologie du verger sur l’abondance des mouches des fruits ....	96
II.4. Discussion.....	101
II.5. Conclusion .....	102
<b>Conclusion générale et perspectives.....</b>	<b>105</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>I</b>

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) sont des bioagresseurs des cultures fruitières d'importance mondiale qui sont largement distribuées à travers les régions tropicales, subtropicales et tempérées (Christenson et Foote, 1960). Dans les régions tropicales et subtropicales, les espèces de mouches des fruits qui causent le plus de dégâts à la production fruitière appartiennent aux genres *Bactrocera*, *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Dacus* et *Rhagoletis* (White et Elson-Harris, 1992).

Elles sont non seulement responsables des pertes directes de production mais aussi causent des pertes indirectes importantes liées au fait qu'elles soient d'une part des organismes soumis à des mesures très sévères de quarantaine et d'autre part par les moyens de lutte qui sont souvent déployés pour limiter leurs dégâts (Christenson et Foote, 1960 ; Bateman, 1991 ; White et Elson-Harris, 1992). Les pertes liées aux dégâts des insectes sont estimées à travers le monde à plusieurs milliards de dollars (Norrbom, 2004).

Devant cette situation de nombreuses études à travers le monde ont été consacrées à la connaissance de ces insectes en partant de leur systématique aux différentes méthodes de lutte en passant par leur biologie, leur écologie et leur éthologie (Christenson et Foot, 1960 ; Bateman, 1968 ; Fletcher, 1987). De même des actions de contrôle des populations de mouches des fruits ont été opérées ou initiées depuis lors, dans de nombreux pays où ces bioagresseurs sont établis. Ainsi dans cet élan ou dans la mise en œuvre des actions de contrôle des mouches des fruits, il est souvent fait recours à des insecticides chimiques, des insecticides biologiques comme le GF-120 ; aux entomopathogènes (Ekesi *et al.*, 2011), aux prédateurs comme *Oecophylla longinoda* ; aux parasitoïdes comme *Fopius arisanus*. Les paraphéromones constituent également d'autres méthodes couramment utilisées pour lutter contre les mouches des fruits. En revanche malgré d'une part les connaissances acquises sur les mouches des fruits et d'autre part sur les différentes approches pour leur gestion, elles restent toujours une contrainte phytosanitaire de plus en plus grandissante et préoccupante pour la productivité de la mangue.

En Afrique, en plus des espèces de mouches des fruits natives, une autre espèce exotique *Bactrocera invadens* synonyme *Bactrocera dorsalis* a été détectée pour la première fois au Kenya en 2003. Après cette détection, elle a été ensuite signalée deux années plus tard dans de nombreux pays de l'Afrique de l'Est et de l'Ouest. Connue comme une espèce très polyphage, *B. dorsalis* a depuis son établissement sur le continent africain fait l'objet de nombreuses études dans son nouvel environnement conquis. Ces études ont essentiellement porté sur la

taxonomie, la biologie, l'écologie ainsi que sur la survie de la nouvelle espèce en l'absence de fruits et des facteurs qui régulent sa pullulation au sein des vergers.

La question de la gestion intégrée des bioagresseurs exotiques a conduit à l'émergence de nouveaux défis pour la recherche, qui doit renouveler et adapter ses approches pour aborder cette problématique des mouches des fruits. Ainsi, la considération simultanée d'un ensemble de facteurs tels que les paramètres climatiques, les approches agronomiques, la typologie et la composition des agrosystèmes fruitiers semble indispensable et apparaît comme un premier défi. En effet au Sénégal, les études menées sur les mouches des fruits ont essentiellement porté sur (i) la dynamique saisonnière des populations de deux principales de mouches des fruits (Ndiaye *et al.*, 2007 ; Ndiaye *et al.*, 2012) (ii) la gamme des principaux fruits hôtes et leurs interactions avec les mouches des fruits (Ndiaye, 2014), (iii) l'inventaire des parasitoïdes endogènes (Vayssières *et al.*, 2012), la sensibilité des espèces de fruits en fonction de leur stade phénologique aux piqûres de *B. dorsalis* ( Diatta *et al.*,2013) et aux tests de quelques méthodes de lutte contre les mouches des fruits.

L'étude qui est présentée s'intéresse aux relations entre la typologie des agrosystèmes fruitiers et les fluctuations de la population de la mouche des fruits : *Bactrocera dorsalis* (Hendel) dans les régions de Dakar et Thiès (Sénégal). La température, l'hygrométrie et les précipitations sont les facteurs abiotiques considérés dans nos recherches tandis que les cultivars de manguiers et les espèces d'agrumes avec leurs différents stades phénologiques, qui constituent les fruitiers cultivés et prédominants dans la région d'étude, sont les facteurs biotiques généralement considérés. Pour comprendre l'abondance relative *B. dorsalis* et l'écologie des mouches des fruits au sein des agrosystèmes fruitiers des Niayes afin de contribuer à l'amélioration des modes de gestion de ce nouveau bioagresseur invasif, des recherches ont été menées pendant quatre années successives dans 69 vergers des Niayes, qui se trouve être l'une des principales zones de production des mangues au Sénégal. En effet, la stratégie n'a donc plus pour objet de résoudre un problème phytosanitaire particulier, dans une parcelle singulière et à un moment donné, mais de raisonner dans le temps une action globale, s'appliquant à l'ensemble d'une exploitation, voire à un agrosystème en son entier, paysage compris.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- D'identifier les stades phénologiques des fruits sensibles aux piqûres des mouches des fruits
- De caractériser les cycles phénologiques des fruitiers hôtes des mouches des fruits
- De suivre la fluctuation des populations des mouches des fruits au sein des différents agrosystèmes fruitiers

- D'identifier les facteurs de l'environnement et les pratiques des producteurs qui influencent l'abondance de *B. dorsalis*

La démarche abordée en réponse aux objectifs fixés se résume à des phases d'expérimentation pour évaluer la sensibilité de plusieurs espèces fruitières aux piqûres de mouches des fruits et de suivre la dynamique des populations de mouches des fruits et d'évaluer les corrélations entre l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* et la typologie des vergers ainsi que les pratiques des producteurs. Le manuscrit est rédigé en partie sur articles. Chacun de ces articles, publié ou en voie d'être soumis, est ainsi inséré dans les chapitres de la thèse.

**Le chapitre 1** présente une synthèse de revue bibliographique sur les connaissances majeures des Tephritidae ainsi que celles des principales cultures fruitières développées dans les régions de Dakar et Thiès. Aussi quelques notions de base de gestion des bioagresseurs en agro-écologie sont également développées.

**Le chapitre 2** décrit les résultats obtenus sur la sensibilité de plusieurs espèces et variétés fruitières aux piqûres des mouches des fruits en condition de laboratoire. Dans les vergers, il décrit le cycle des populations de mouches des fruits en fonction de la disponibilité des fruits hôtes au sein de ces agrosystèmes fruitiers étudiés. Ce chapitre a pour but d'identifier et de reconnaître non seulement les différentes espèces fruitières hôtes des mouches des fruits mais surtout d'identifier d'une part les stades phénologiques sensibles des fruits et d'autre part de connaître ceux préférés des mouches pour leur ponte.

**Le chapitre 3** présente la fluctuation des populations de mouches des fruits dans les différents agrosystèmes fruitiers étudiés. Il décrit aussi les corrélations qui existent entre les facteurs étudiés et l'abondance de *Bactrocera dorsalis* au sein des agro-écosystèmes fruitiers des régions de Thiès et Dakar. Ce chapitre permet de mieux cerner les fonctions de certains facteurs de ces agrosystèmes où se maintiennent les populations des mouches des fruits en période défavorable. Il décrit et présente également les facteurs de variabilité des niveaux de population de mouches des fruits d'un verger à un autre.

# **Chapitre 1**

## **Synthèse bibliographique**

## **CHAPITRE 1 : Synthèse bibliographique**

Ce chapitre comprend deux grandes parties. La première est une synthèse des connaissances générales sur les mouches des fruits. Elle traite également sur quelques notions de bases agro-écologiques, du système population-environnement, de gestion des populations et de leurs habitats et de stratégie et application. En revanche dans la seconde partie, la synthèse des connaissances déclinées, porte essentiellement sur les généralités des principaux fruitiers (papayer, manguiers et agrumes) cultivés dans la zone des Niayes.

## I Les mouches des fruits

### I.1. Systématique

La famille des Tephritidae renferme les mouches des fruits qui comptent environ 4200 espèces réparties dans 471 genres (Norrbom *et al.*, 1998). Toutes les espèces de cette famille ne sont pas des ravageurs de fruits : certains taxa comme la sous-famille des Trypetinae par exemple, s'attaquent aux fleurs (surtout d'Asteraceae). D'autres comme la sous-tribu des Gastrozonina sont des ravageurs de tissus parenchymateux de racines, de tiges ou de feuilles (White et Elson-Harris, 1992).

### I.2. Biologie et cycle de la reproduction et de développement

Plus de 30 % des espèces de mouches des fruits se développent dans les fruits hôtes. Cette fraction comprend aussi bien les espèces univoltines et oligophages (*Rhagoletis* spp. des régions tempérées) que les espèces multivoltines et polyphages (*Ceratitis* et *Bactrocera* spp. des régions tropicales et subtropicales) (Rousse, 2007).

Le cycle de développement des Tephritidae se subdivise en 4 stades : oeuf, larve, puppe et imago. Les oeufs d'environ 1 mm de long, sont blancs et légèrement arqués. A l'éclosion, de minuscules asticots émergent des oeufs. Les nutriments dont les larves se nourrissent : glucides, protéines et eau, sont tirés de la pulpe du fruit. La durée du développement larvaire comprend trois stades (L1, L2, L3). Elle peut varier fortement pour une espèce donnée en fonction du fruit-hôte (Fernandes-Da-Silva et Zucoloto, 1993). A l'issue du troisième stade larvaire, l'asticot quitte le fruit et se laisse choir sur le sol pour s'y nymphoser. Il se transforme alors en une puppe de laquelle émergera l'adulte. En effet la plus grande partie de ces larves sort pendant la période qui suit ou précède immédiatement les températures minimales nocturnes, c'est-à-dire avant l'aube, lors des premiers rayons du Soleil. Elles privilégient ainsi les conditions environnementales les plus favorables, notamment l'humidité, afin d'éviter les risques de dessiccation (Mille, 2010). Trois étapes importantes peuvent être distinguées dans la biologie de la reproduction des mouches des fruits. Il s'agit de la maturation des gonades et des gamètes, de l'accouplement et de la ponte. Au cours de l'ovogenèse, trois étapes sont particulièrement remarquées (Williamson, 1989) :

-La pré-vitellogénèse : les trophocytes prévitellogéniques sont en cours de formation, les follicules ont un aspect translucide.

-La vitellogénèse : les cellules folliculaires entreprennent leur différenciation, une partie de l'ovocyte prend une coloration blanchâtre.

-La maturité des oeufs : l'ovocyte comprend un chorion bien développé et une membrane vitelline.

### **I.3. Influences des facteurs environnementaux**

Les principaux facteurs pouvant affecter la distribution et/ou la compétition chez les Tephritidae sont la température et l'humidité.

#### **I.3.1. La température**

La température a une influence très importante sur le développement et la survie des Tephritidae. De nombreuses études ont déterminé les seuils minimaux de développement et les constantes thermiques pour différentes espèces (Messenger et Flitters, 1958 ; Kasana et Aliniaze, 1994 ; Vargas *et al.*, 2000). Ces études montrent que la domination d'une espèce dans un biotope sera fonction de la température mais aussi de la latitude et de l'altitude. Par exemple, à Hawaii, si *Bactrocera dorsalis* domine sur la quasi-totalité de l'île, *Ceratitis capitata* subsiste dans les Hauts (Debach, 1966).

#### **I.3.2. L'humidité**

Chez *Bactrocera oleae* (Gmelin), le temps de développement des oeufs à 20° C pouvait augmenter de 84 à 102 h lorsque l'humidité relative décroît de 100 à 75 % (Tsitsipis et Abatzis, 1980). En conditions naturelles, l'influence de l'humidité relative sur le stade embryonnaire et les stades larvaires, est certainement davantage modulée par le fruit hôte que par les conditions climatiques.

#### **I.3.3. La lumière**

La lumière joue un rôle important sur la fécondité des mouches des fruits et, par conséquent, influence leurs activités journalières. Les Dacinae sont en général actives le jour et au repos la nuit sur la face inférieure des feuilles des plantes. En effet pendant la journée leurs activités se résument à l'alimentation, l'accouplement, l'oviposition. Elles dépendent de plusieurs facteurs dont l'âge, le sexe, la disponibilité de l'hôte et les conditions climatiques (Fletcher, 1987). Chez certaines espèces, les mâles adultes et les femelles gravides et vierges ont une activité sexuelle frénétique à mesure que l'intensité lumineuse diminue. Ainsi, la femelle de *Bactrocera carambolae* s'accouple au dessous de 1000 Lux 18 jours après l'émergence (McInnis *et al.*, 1999). Certaines espèces de Tephritidae sont inféodées à des biotopes bien définis. Ainsi,

*Bactrocera dorsalis* est une espèce tropicale dont les adultes entrent en torpeur lorsque les températures sont inférieures à 7°C et meurent en dessous de 2°C. D'autres comme *Ceratitis capitata* par contre, sont adaptées à une large gamme d'habitats, ce qui explique sa quasi ubiquité (Udvardy, 1969). Dans certaines régions montagneuses, *Bactrocera dorsalis* est dominante aux basses et moyennes altitudes alors que *Ceratitis rosa* domine aux hautes altitudes (Mwatawala *et al.*, 2006). Les femelles d'espèces polyphages comme *Bactrocera tryoni* (Froggatt), pondent dans les fruits de plantes appartenant à plusieurs familles (Drew, 1989 ; Fitt, 1990) alors que chez *Bactrocera oleae* (Gmelin), espèce monophage, la ponte n'a lieu que dans l'olive (White et Elson-Harris, 1992). Cependant plusieurs espèces oligophages se reproduisent principalement sur les espèces de plantes de la même famille (Norrbom *et al.*, 1998). *Bactrocera cucumis* (French), est l'espèce oligophage typique qui ne se reproduit que sur des plantes de la famille des Cucurbitaceae (Smith *et al.*, 1988).

## **I.4. Comportement**

### **I.4.1. Alimentaire**

L'adulte, tout comme la larve, a besoin d'une alimentation glucidique et protéique. Il s'alimente principalement sur les feuilles des plantes, où il trouve les différents nutriments dont il a besoin : sucre, protéines et eau dans la sève ou les sécrétions foliaires des plantes, les colonies bactériennes, les levures, le miellat d'Homoptères ou les fientes d'oiseaux (Prokopy et Roitberg, 1984).

### **I.4.2. Sexuel**

Un comportement de cour du mâle précède généralement l'accouplement. Le fait le plus remarquable est, chez certaines espèces l'existence d'un appel phéromonal des mâles. C'est notamment le cas pour les mâles de *C. capitata*, *C. rosa* et *C. catovirii* (Quilici *et al.*, 2002). L'appel consiste en la dévagination d'une ampoule anale qui libère une phéromone très odorante attractive pour la femelle.

### **I.4.3. Ponte**

Lors de la ponte, plusieurs comportements peuvent être observés sur le fruit : la prospection, le nettoyage, l'agressivité envers d'autres femelles, la ponte ou la tentative de ponte, le frottement de l'ovipositeur et le nettoyage de l'ovipositeur. Dès que la femelle est prête à pondre, après un certain temps de prospection, elle étend son ovipositeur et commence à forer dans le fruit hôte. Les œufs sont pondus à quelques millimètres sous l'épiderme du fruit. Les dégâts se traduisent par une décoloration de l'épiderme du fruit au niveau de la piqûre puis par la pourriture du fruit. Après la ponte, les femelles de nombreuses espèces marquent le site de

ponte en y déposant une phéromone (HMP : Host Marking Pheromone) qui inhiberait la ponte d'autres femelles (Prokopy et Roitberg, 1984).

### **I.5. Plantes hôtes**

L'espèce du fruit hôte influe, au travers de sa qualité, à la fois sur le développement des stades immatures, avec une répercussion possible sur la fécondité des adultes, et sur leurs comportements. Une étude réalisée sur cinq espèces de Dacini, a révélé que l'abondance des espèces sur différents fruits hôtes est davantage due au comportement de choix de femelles qu'à la spécialisation larvaire (Fitt, 1986). Toutefois, si beaucoup de plantes hôtes peuvent supporter le développement complet de différentes espèces de Tephritidae, la qualité de l'hôte détermine des différences importantes dans la survie, le développement larvaire et la fécondité des adultes (Fernandes-Da-Silva et Zucoloto, 1993). Ainsi, Carey (1984) a montré que le temps de développement larvaire de *Ceratitis capitata* à 25°C passe d'environ une semaine sur un hôte tel que la mangue (*Mangifera indica* L.) à plus de trois semaines sur le coing (*Cydonia oblonga* Miller).

### **I.6. L'impact économique**

Plusieurs espèces de mouches des fruits infligent de lourdes pertes à la production agricole. Il s'agit des pertes directes de rendement et des dépenses de lutttes accrues, mais aussi la perte des marchés d'export à cause des conséquences liées à la quarantaine. La grande majorité des ravageurs de la famille des Tephritidae appartient aux genres *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Dacus* et *Rhagoletis*. Les hôtes de ces mouches appartiennent à un grand nombre de familles de plantes et incluent beaucoup d'espèces ayant une très grande importance commerciale. Au Sénégal, *Bactrocera dorsalis* a été trouvée sur 58 plantes fruitières dans et aux alentours des vergers des Niayes, Thiès et Sindia (Ndiaye, 2009). Le genre *Bactrocera* originaire des zones tropicales, est le plus économiquement important, avec environ 40 espèces considérées comme des ravageurs importants (White et Elson-Harris, 1992). C'est tout particulièrement vrai pour *Bactrocera dorsalis*, considérée comme l'une des espèces les plus nuisibles en Afrique. Elle attaque en priorité les mangues, les agrumes, les goyaves et les papayes, mais aussi les fruits d'environ 40 plantes tropicales (bananes, melon, etc.) (Brunel et Petter, 2009).

## **I.7. Lutte contre les mouches des fruits**

### **I.7.1. Lutte à base de produits chimiques**

La lutte à base de produits chimiques à large spectre d'action est l'une des principales actions menées contre les mouches des fruits dans de nombreux agro-systèmes. Elle repose encore trop souvent sur l'utilisation de pesticides, seuls ou mélangés à des attractifs alimentaires (Roessler, 1989). L'usage de ces insecticides permet de tuer non seulement les mouches des fruits et beaucoup d'autres insectes non cibles mais aussi a un impact négatif sur l'environnement. De plus, l'acquisition et l'application de ces produits ont des coûts souvent élevés et la protection de la production qu'elles assurent contre les mouches des fruits a une efficacité très limitée dans le temps.

### **I.7.2 Lutte à base d'agents biologiques**

Un certain nombre de méthodes de lutte biologique sont encore en développement. Les parasites des mouches du genre *Opius* apparaissent comme les plus prometteurs pour la lutte biologique. Par exemple, des populations d'*Oecophylla longinoda* (Hymenoptera Formicidae) ont été étudiées sur des cultures pérennes (Hugon, 2007). Dans des vergers de manguiers, il a été remarqué que l'abondance des fourmis tisserandes réduisait considérablement les dégâts des mouches des fruits dans les vergers de manguiers (Van Mele, 2007 ; Diamé *et al.*, 2015).

#### **I.7.2.1 Les parasitoïdes**

Les larves de plusieurs espèces de tephritidae sont parasitées par des hyménoptères de la famille des Braconidae (Wharton et Gilstrap, 1983) pouvant détruire de 2 % des populations de *Ceratitis capitata* (Mausse et Bandeira, 2007). L'arrivée, en 1945 de la mouche orientale *Bactrocera dorsalis* (Hendel) à Hawaï, a déclenché une intense dynamique de prospection, dont les fruits profiteront à plus long terme à l'ensemble des pays concernés par le problème des mouches des fruits (Rousse, 2007). Un total de 32 ennemis naturels a été introduit dans cette région, entre 1947 et 1952 (Bess *et al.*, 1950 ; Bess *et al.*, 1961 ; Clausen, 1965). Cette lutte s'est révélée être un succès sur *Bactrocera dorsalis* (Hendel) et *Ceratitis capitata* (Wiedemann) et non sur *Bactrocera cucurbitae* (Coquillet) (Waterhouse, 1993). *Fopius arisanus* (Sonan) est l'un des parasitoïdes dominant sur *B. dorsalis* et *C. capitata* à Hawaï (Haramoto et Bess, 1970 ; Vargas *et al.*, 2001). Un an après l'introduction de *Fopius arisanus*, 60 % de diminution des populations de *Bactrocera dorsalis* a été estimé (Newell et Haramoto, 1968). L'efficacité est souvent jugée aux seuls taux de parasitisme observés sur le terrain après

lâcher, ce qui manque parfois de pertinence dans une optique d'analyse coût/bénéfice (Rousse, 2007).

### **I.7.2.2 Les entomopathogènes**

Il s'agit des champignons et des bactéries qui sont associés à la mortalité des larves et des pupes. A Hawaï un champignon du genre *Mucor* a été reconnu comme facteur remarquable de mortalité des larves de *Bactrocera dorsalis* dans les fruits en décomposition (Newell et Haramoto, 1968).

### **I.7.2.3 Les prédateurs**

Ce sont surtout les fourmis qui extraient du sol comme du fruit les larves et les pupes (Peng et Christian, 2005). Les Staphylinidae et les Carabidae se nourrissent de larves et de pupes dans le sol (Bateman, 1976).

### **I.7.3 La lutte par stérilisations des mâles**

Cette technique est une forme de lutte biologique contre les ravageurs. Elle consiste à élever en masse de grandes quantités d'insectes cibles et à stériliser les mâles en exposant les pupes à des faibles doses de rayons X ou Gamma. Les mâles stériles sont ensuite lâchés par avion au-dessus des zones infestées où ils s'accouplent à des femelles sauvages. Comme ils n'engendrent pas de descendants, la population se réduit pour être progressivement éliminée (COLEACP/CIRAD, 2009). Localement, le lâcher massif de mâles stériles peut amener à l'éradication d'une espèce, à condition d'avoir les moyens de production nécessaire (Hendrichs *et al.*, 2002).

La lutte autocide, par lâchers de mâles stériles a été utilisée à grande échelle pour l'éradication de *C. capitata* au Mexique dans les années 1970. Elle a été pratiquée aussi avec succès à Okinawa (Japon), pour l'élimination de la mouche orientale et celle du melon (Kawasaki, 1991 ; Koyama *et al.*, 2004). En Australie, cette technique a permis de réduire très significativement les pertes imputées à *Bactrocera tryoni* et *Ceratitis capitata* respectivement à Perth et Cararvon (Fisher, 1996).

### **I.7.3. Lutte intégrée**

Elle associe des mesures biologiques, chimiques, physiques et culturelles. Ainsi chez *Bactrocera tryonii*, *Bactrocera xanthodes*, *Bactrocera kirkii* et *Bactrocera dorsalis*, elle a été appliquée en associant des lâchers de *Fopius arisanus*, des traitements par taches, le piégeage mixte avec des attractifs visuels et olfactifs.

## **I.8. Bases agro-écologiques de la prévention du risque phytosanitaire**

Dès la fin des années 1960, les scientifiques américains préfèrent le concept d'IPM (integrated pest management) à celui de la lutte intégrée (integrated control), pourtant tout juste adopté par l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) en 1967 (Deguine et Ferron, 2004). Le plus souvent ces expressions sont encore aujourd'hui considérées comme équivalentes, alors qu'en fait elles traduisent deux visions fondamentales différentes de la protection des cultures, la première privilégiant la lutte contre les nuisibles, la seconde la gestion de leurs populations (Ferron, 1999). L'élément novateur du concept de protection intégrée tient à la perception de la protection des cultures comme l'une des composantes de la gestion globale des agro-écosystèmes, ou en agro-systèmes, sous la forme d'une production agricole dite intégrée, lui conférant une dimension spatio-temporelle nouvelle (Altner *et al.*, 1977).

La mise au point de nouveaux systèmes de culture qui privilégient le renouvellement de l'approche conceptuelle de la protection des cultures par rapport à la seule amélioration technique des performances de procédés alternatifs de lutte, se dessinent (Deguine et Ferron, 2004). Il s'agit désormais d'intégrer rationnellement l'agriculture dans les fonctions de l'écosystème, et non plus de domestiquer la nature. Accéder à cette nouvelle stratégie phytosanitaire nécessite donc la prise en compte de la dimension spatio-temporelle des phénomènes et implique l'aménagement des systèmes de cultures et de leurs environs, même non cultivés. Les objectifs de production, dans un cadre socio-économique donné, sont ainsi logiquement associés aux contraintes environnementales d'un développement durable de la biosphère. Au plan scientifique, cette nouvelle attitude est confortée par l'évolution de nos connaissances en biologie, génétique et écologie des populations (Deguine et Ferron, 2004).

## **I.9. Le système population-environnement**

La particularité remarquable des agro-systèmes tient au fait que l'homme y a la maîtrise, d'une part, de populations animales et végétales domestiquées et, d'autre part, des structures paysagères et des systèmes de production (Deguine et Ferron, 2004). En protection des cultures, ces atouts ne sont encore que partiellement exploités, principalement au travers des rotations ou d'associations culturales, de la sélection de variétés résistantes aux bio-agresseurs, ou encore de l'introduction-acclimatation d'auxiliaires ; la gestion des phénomènes de résistance aux

pesticides a pourtant récemment attiré l'attention sur l'importance de la connaissance des phénomènes épidémiologiques et, par là même, sur l'intérêt de la prise en compte simultanée de la gestion des habitats (Bugg et Pickett, 1998), voire des paysages (Burel et Baudry, 2000). La difficulté majeure tient au fait que, dans les limites d'un environnement donné, c'est l'ensemble des populations présentes ou biocoenose qu'il faudrait pouvoir prendre en considération. L'écologue est donc contraint de limiter son champ d'action à des ensembles pluri-spécifiques restreints, qu'il dénomme peuplements ou communautés, au risque de n'avoir qu'une vision partielle de la diversité biologique totale.

En milieu agricole, ces peuplements présentent la particularité d'être composés de populations fragmentées, en raison même des structures agraires et systèmes de culture adoptés (Deguine et Ferron, 2004). Du point de vue de leur cinétique, les populations sauvages y sont caractérisées par des processus d'extinction et de recolonisation locales liés à l'hétérogénéité spatiale des agro-systèmes, qui perturbe leurs échanges comme les mécanismes de leur régulation naturelle (Deguine et Ferron, 2004). C'est pourquoi les études de dispersion de ces populations, tout particulièrement à l'interface des structures agraires, connaissent aujourd'hui un tel intérêt et un tel succès écologique (Ekbon *et al.*, 2000).

On suppose généralement que les écosystèmes évoluent naturellement vers un stade d'équilibre défini par les caractéristiques du sol, du climat, de la végétation, au travers d'états successifs caractérisés par une augmentation de leur hétérogénéité spatiale, de la diversité spécifique et de la densité des populations d'organismes, de la complexification de l'organisation des communautés et du développement de mécanismes de stabilisation. L'application aux agro-systèmes des lois générales de l'écologie se heurte donc à leur spécificité anthropique. C'est pourquoi l'allègement souhaité du recours aux intrants implique, en contrepartie, d'accorder une place croissante à une technicité accrue de leurs modalités de gestion (Deguine et Ferron, 2004).

#### **I.10. Diversité biologique et écologie des interactions durables**

L'existence d'un lien entre la régulation des populations et la diversité spécifique des peuplements est l'objet de débats entre écologues et spécialistes de la protection des cultures (Deguine et Ferron, 2004). Il est cependant généralement admis que les pullulations d'organismes nuisibles aux cultures sont réduites dans les agro-systèmes les plus diversifiés, alors qu'elles s'avèrent fréquentes et souvent importantes et difficilement maîtrisables en monoculture (Andow, 1991). L'analyse du problème implique de tenir compte de l'ensemble

des interactions propres au système population-environnement considéré (Barbault, 1997). De longue date, les entomologistes se sont attachés à démontrer l'influence de la diversité végétale sur la faune phytophage associée ; cependant, ils se sont généralement plus intéressés à l'abondance des espèces qu'à leur réelle diversité ou à la structure génétique de leurs populations.

Deux hypothèses sont avancées pour expliquer ce phénomène : l'une prédit qu'à une diversité végétale élevée sont liées une abondance et une diversité accrues de parasitoïdes et de prédateurs des espèces phytophages hôtes, en raison d'une diversité supérieure de ressources alimentaires et de refuges ; l'autre avance que, dans le cas d'une diversité végétale réduite, les plantes consommables sont plus facilement accessibles aux phytophages et ainsi plus favorables à leur alimentation et à leur reproduction (Root, 1973). En fait, l'effet positif d'une diversité végétale accrue sur l'augmentation de la diversité biologique des organismes auxiliaires n'est pas expérimentalement démontré si ce n'est qu'on peut observer en un même lieu les divers parasitoïdes inféodés aux divers phytophages et, surtout, une plus grande abondance de prédateurs généralistes (Letourneau, 1997).

### **I.11. Gestion des populations et de leurs habitats**

Cette évolution des connaissances implique de prendre simultanément en compte, d'une façon cohérente, l'ensemble des bio-agresseurs d'un agro-système donné, dont la diversité biologique doit être, par ailleurs, prioritairement préservée, dans une démarche intégrée conforme aux principes d'un développement durable (Deguine et Ferron, 2004). La stratégie n'a donc plus pour objet de résoudre un problème phytosanitaire particulier, dans une parcelle et à un moment donnés, mais de raisonner dans le temps une action globale, s'appliquant à l'ensemble d'une exploitation, voire à un agro-système en son entier, paysage compris. Le problème se pose alors en termes de gestion de populations, dans l'espace et dans le temps, en recherchant des solutions à court et à long terme, ce qui conduit à prendre en considération la gestion des habitats des espaces cultivés ou non. Cette gestion écologique de l'espace interfère avec des structures agraires en contribuant à l'aménagement du paysage (Deguine et Ferron, 2004).

Burel *et al.* (2000) montrent l'intérêt de l'étude du paysage dans le but d'assurer la gestion des populations d'insectes au niveau des exploitations ; mais, dans le même temps, ils soulignent la difficulté de l'entreprise en raison de la multiplicité des types de réponse à une situation donnée, en fonction des caractéristiques biologiques des espèces considérées. D'une façon

générale, les insectes exploitent les couloirs ou corridors biologiques, qui assurent les nécessaires connexions entre habitats fragmentés, ou au contraire ils effectuent des allers et retours entre les champs cultivés et leurs lisières, suivant des modalités variables avec la structure de ces dernières, la forme des parcelles et la nature de leurs cultures (Deguine et Ferron, 2004). Cet effet lisière se traduit par une augmentation de la diversité biologique et de la densité de certaines espèces animales et végétales à la limite entre différentes communautés de plantes (Dennis *et al.*, 2000).

## **I.12. Stratégie et application**

L'adoption d'une approche préventive de la protection des cultures marque une rupture avec les pratiques préconisées jusqu'à présent (Deguine et Ferron, 2004). Elle implique donc un effort d'éducation, d'évolution des mentalités, de changement des habitudes, de conception et d'élaboration, d'adaptation aux conditions locales, de validation et de vulgarisation qui concerne tous les acteurs de la filière (Deguine et Ferron, 2004). Elle doit s'appuyer sur l'énoncé d'une stratégie d'application simple, dont la hiérarchie doit être méthodiquement respectée. Cette stratégie n'exclut pas, en effet, l'éventuel recours à des moyens curatifs de lutte, compte tenu de la variabilité des phénomènes biologiques et de la nécessité de préserver le bénéfice d'une récolte. Dans cette hypothèse, la préférence doit être accordée à des solutions alternatives à la lutte chimique traditionnelle (Deguine et Ferron, 2004).

## **II Généralités sur les principaux fruits cultivés dans les Niayes**

Le fruit provient du développement de l'ovaire, ou des carpelles libres et dans ce cas ceux-ci, fructifiés, portent la dénomination particulière de mésocarpe (Annonaceae, *Alstonia boonei* ou émien). Les fruits peuvent être classés en deux groupes comprenant d'une part les fruits secs et d'autre part les fruits charnus (Letouzey, 1982). Les fruits charnus sont entourés par une « peau » extérieure ou épicarpe qui entoure la chair. Ils comprennent : les baies contenant des graines (plus rarement une graine) noyées dans la chair. La chair peut être sèche ou gorgée de liquide (*Psidium guajava* ou goyavier, *Carica papaya* ou papayer, *Citrus* ou orangers et citronniers, *Solanum* ou tomates et aubergines africaines). Les drupes contenant une graine (plus rarement plusieurs graines) enfermée dans une coque dure (endocarpe). L'ensemble endocarpe et graine forme un « noyau » entouré par la chair (*Mangifera indica* ou manguier), parfois fibreuse

(*Irvingia gabonensis* ou mangue sauvage, *Elaeis guineensis* ou palmier à huile) (Letouzey, 1982).

## II.1. La papaye

### II.1.1. Morphologie

Le papayer (*Carica papaya*, Caricacées) est un arbuste fruitier à port de palmier, de 3 à 10 m de haut. Le tronc est creux et couvert d'une écorce verdâtre ou grisâtre, marquée des cicatrices laissées par les feuilles. Les feuilles sont portées par un long pétiole et divisées en lobes (de 7 à 11). Elles présentent une face supérieure vert clair mate, et une face inférieure à pruine blanchâtre. Le fruit, la papaye, est une grosse baie, allongée ou globuleuse, légèrement côtelée. Son poids varie de quelques centaines de grammes à plus de 9 kg. De couleur verte, elle prend une teinte jaune-orange à maturité. Sa pulpe jaune orange est sucrée, juteuse et parfumée. La chair est creusée d'une grande cavité renfermant de nombreuses graines noires rondes. La papaye est cueillie à l'apparition de traces de couleur jaune sur le fruit. Elle sera mûre 4 à 5 jours après la cueillette. Les variétés commercialisées sont généralement petites. La variété hawaïenne nommée « solo » est l'une des plus courantes.



**Figure 2:** Parcelle de papayiers en production dans la région de Dakar

### **II.1.2. Origine et distribution**

Toutes les espèces de *Carica* sont natives d'Amérique tropicale. L'analyse génétique indique que *Carica papaya* est très éloignée des autres espèces de *Carica*. La plus grande diversité se retrouve dans la région de Yucatan-San Ignacio-Peter-Rio Motagua d'Amérique centrale où la population sauvage a une diversité plus grande que les populations domestiquées (Morshidi, 1996). Les écrits des voyageurs et des botanistes du XVIII<sup>e</sup> siècle ont indiqué que des graines de papaye ont été prises des Caraïbes à Malacca et en Inde (Storey, 1941). De Malacca ou des Philippines, la distribution s'est effectuée dans l'ensemble de l'Asie et la région du Sud pacifique. La papaye est maintenant cultivée dans la plupart des régions tropicales subtropicales notamment au Brésil, au Mexique, en Thaïlande, en Indonésie, en Chine, en Afrique (Nakasone et Paull, 1998).

### **II.1.3. Ecologie et production**

La production la plus importante de papaye se trouve essentiellement aux latitudes 23°N et 23°S. Les hommes ont élargi sa culture dans les régions situées aux latitudes 32°N et 32°S (Nakasone et Paull, 1998).

Le papayer est une plante de climat chaud à pluviométrie abondante. L'optimum de température se situe entre 21 et 33°C. Le papayer craint le froid (des températures trop basses retardent la maturité des fruits et peuvent entraver la fécondation) ainsi que la chaleur (températures supérieures à 35°C) l'inondation et le vent (Nakasone et Paull, 1998). Le papayer se développe bien sur des sols à pH compris entre 5.0 et 7.0 ; les pH compris entre 5.5 et 6.5 sont plus souhaitables (Awada *et al.*, 1975).

### **II.1.4. Stades de développement et physiologie du fruit**

Le papayer (*Carica papaya* L.), produit deux types de fleurs. Les fleurs mâles sont de couleur blanc-crème, et forment de longues grappes. Les fleurs femelles sont blanches et plus grosses. Elles possèdent 5 pétales presque libres, de 5 cm. Après la fécondation, les fruits atteignent leur taille maximum au bout de 110 jours (Calegario *et al.*, 1997). De même de 100 à 110 jours post-anthèse la peau du fruit initialement vert-sombre, devient vert-clair. Les premiers signes de maturité sont visibles sur la surface du fruit entre 145-160 jours de l'anthèse (Calegario *et al.*, 1997). En effet les papayes sont généralement récoltées lorsqu'au voisinage de la cicatrice du style, l'épicarpe présente des signes évidents de maturité, couvrant environ 1/8<sup>e</sup> de la surface totale du fruit (Manenoi *et al.*, 2007).

## II.2. Les agrumes

### II.2.1. Morphologie

Les agrumes sont de petits arbres de 4 à 12 m de hauteur, à feuillage dense et persistant (sauf *Poncirus trifoliata*). Les branches sont parfois épineuses, plus particulièrement lorsque l'arbre est issu de semis. Les feuilles sont trifoliées (*Poncirus* et ses hybrides) ou simples (*Citrus*, *Fortunella*). Elles peuvent avoir un pétiole ailé et développé comme chez le bigaradier et les pomelos. Les jeunes pousses présentent parfois des signes distinctifs : elles sont pubescentes chez les pamplemoussiers, nettement anthocyanées chez les citronniers mais plus discrètement chez les limettiers (Bakry *et al.*, 2002). Les fruits sont des baies particulières, appelées Hespérides. Leur écorce résulte de la réunion de l'épicarpe et du mésocarpe et la pulpe est constituée par des poils gorgés de jus portés par l'endocarpe.



**Figure 3:** Parcelle d'agrumes en production à Ndoyenne (Sébikotane\_Dakar)

### **II.2.2. Origine et distribution**

Les agrumes sont originaires du Sud-Est asiatique. Leur diversification a eu lieu dans une vaste zone comprenant les piémonts de l'Himalaya, la Birmanie, l'Indonésie, la péninsule Indochinoise, le sud de la Chine. Les conditions climatiques y sont variées, allant du tropical humide à des climats plus contrastés avec une saison fraîche marquée. Domestiqués par l'homme depuis plusieurs millénaires, les agrumes ont été diffusés dans le monde entier. Au cours de cette lente migration des types nouveaux sont apparus comme les oranges sanguines et navel dans le bassin méditerranéen, le pomelo et des tangors aux Antilles, la clémentine en Algérie. Aujourd'hui, l'aire de culture des agrumes est comprise entre 40° de latitude Nord et 40° de latitude Sud. Les plus grandes régions de production (Floride, Brésil, bassin méditerranéen) se situent en zones subtropicales (Bakry *et al.*, 2002).

### **II.2.3. Ecologie et production**

Les agrumes supportent des températures de 0°C à 50°C. La croissance est optimale entre 20°C et 30°C. Les périodes fraîches (températures inférieures à 13°C) ou sèches induisent un arrêt de la croissance. Cet arrêt, s'il est suffisamment marqué, est favorable à une bonne induction florale. Entre les latitudes 20° et 40° (Nord ou Sud), ces conditions induisent une floraison unique. Sous des latitudes proches de l'équateur, il existe généralement deux saisons sèches qui sont à l'origine des deux floraisons observées (Bakry *et al.* 2002).

En 1999, la production d'agrumes a dépassé 90 millions de tonnes dont 62 % d'oranges, 17 % de mandarines et hybrides, 10 % de citrons et limes, 5 % de pomelos et pamplemousses et 6 % d'agrumes divers. Près de 49 % de la production mondiale se situe en Amérique. Deux géants, le Brésil (22 %) et les Etats-Unis (13 %), sont fortement impliqués dans la transformation. L'Asie (Moyen et Extrême Orient) se situe en seconde position avec plus de 24 % de la production. La Chine (10 %) connaît une progression très rapide des surfaces plantées. Le bassin méditerranéen (19 %) est une zone de production ancienne, avec une forte diversité variétale. Il produit principalement des fruits frais exportés vers l'Europe. L'Afrique tropicale ne contribue à la production mondiale qu'à hauteur de 5 % et l'Océanie pour moins de 1 % (Bakry *et al.* 2002)

### **II.2.4. Stades de développement et physiologie du fruit**

Les agrumes produisent des fleurs qui ne présentent pas d'organisation très particulière. Les fleurs ont 3 à 5 sépales, le plus souvent 5 ; 4 à 8 pétales, en général 5 ; et habituellement 20 à

40 étamines, plus ou moins soudée entre elles à la base par groupe de 3. A la fécondation les fleurs donnent des fruits. Au début de la croissance des fruits, tous les tissus contiennent de l'amidon qui disparaît progressivement lorsqu'ils sont près de la maturité sauf dans les pépins et l'épicarpe. Lorsque le fruit a perdu sa couleur verte, la plus grande partie de l'amidon a disparu. Le jus extrait de la peau du citron a une teneur de 0,3 mg/ml d'acide citrique et de 1mg/ml d'acide malique (Praloran, 1971). Le jus de citrons fraîchement récoltés au stade vert, avec un pH de 2,3 contient 53,3 mg/ml d'acide citrique et 3,5 mg/ml d'acide malique (Praloran, 1971). Au stade jaune, le jus de citron a un pH de 2,2 et contient 63,8 mg/ml d'acide citrique et 2,2 mg/ml d'acide malique (Praloran, 1971).

Chez l'orange, la concentration en sucres augmente alors que celle des acides diminue pendant la croissance du fruit sur l'arbre. A la fin du développement de l'orange, la concentration du jus en acide citrique diminue alors que celle de l'acide malique reste sensiblement constante (Praloran, 1971).

Dans les agrumes, il n'y a pas de transformation d'un hydrate de carbone insoluble comme l'amidon, en sucres. La transformation de substances pectiques de la forme insoluble, qui est la proto-pectine, à la forme soluble constituée par les pectines et les acides pectiques n'est pas aussi nette que dans les fruits à phase climatérique. Les agrumes n'ont pas de phase climatérique et leur évolution après la récolte est peu marquée, c'est pourquoi ils doivent être récoltés à maturité de consommation (Praloran, 1971).

## **II.3. La mangue**

### **II.3.1. Morphologie**

Les manguiers sont des arbres de 10 à 35 m, à feuillage persistant. Les inflorescences, en forme de grappes, sont portées en position terminale des rameaux de l'année. Elles sont constituées de fleurs mâles et de fleurs hermaphrodites. Chaque inflorescence porte plusieurs milliers de fleurs qui, après fécondation, donneront au mieux quelques fruits. La pollinisation est assurée par des insectes comme les mouches, thrips... Les taux moyens de nouaison sont très faibles, de l'ordre de 1/10000 (Bakry *et al.*, 2002).

Le fruit est une drupe. L'épiderme peu épais présente des lenticelles. Suivant les variétés, sa coloration est : verte, jaune, orange, rouge violacé, uniforme ou en mélange. À maturité, la chair se colore en jaune orangé. Elle est parfois ferme mais le plus souvent juteuse, et renferme des fibres plus ou moins abondantes au voisinage du noyau. Les types sauvages présentent un goût prononcé de térébenthine. La graine aplatie est protégé par un tégument lignifié. Elle est

constituée d'un embryon zygotique (issu d'une fécondation et au patrimoine génétique différent de la plante mère) chez les variétés mono-embryonnées, d'un ou plusieurs embryons nucellaires (issus des tissus du nucelle de la plante mère sans qu'il y ait eu recombinaison génétique) chez les variétés poly-embryonnées. Le pouvoir germinatif de la graine est limité à quelques semaines.



**Figure 4:** Parcelle de manguiers en production de la variété Kent en production à Notto Gouye Diama

### II.3.2. Origine et distribution

Les manguiers sont originaires de la région indo-birmane et se seraient diversifiés dans deux zones d'Asie du Sud-Est. L'une des zones se situe en Inde, dans des régions plus sèches et fraîches. Elle aurait hébergée des variétés mono-embryonnées à épiderme plus ou moins coloré, sensibles à l'anthracnose due à *Colletotrichum gloesporioides*. La seconde zone se situe en Birmanie, Thaïlande, Indonésie et dans le sud de la péninsule indochinoise. Cette zone est constituée de régions plus chaudes et humides, et serait le berceau des variétés polyembryonnées, à épiderme verdâtre peu coloré, présentant une relative résistance à l'anthracnose.

Depuis un siècle, de nombreuses hybridations ont été réalisées en Floride, à partir de variétés indiennes. Cette région est considérée comme un centre secondaire de diversification. Dans les régions d'origine, les types sauvages avaient pour habitat les forêts tropicales de moyenne altitude. La production de mangues s'est bien implantée dans des zones subtropicales d'Asie, et d'Amérique. Elle a gagné les limites extrêmes de sa zone de culture potentielle (36° latitude Nord et 33° latitude Sud). Les températures basses limitent son extension. Dans les conditions subtropicales, des alternances de températures chaudes (20° C et plus) le jour et 15°C ou un peu moins la nuit, ainsi qu'une saison sèche marquée, permettent d'induire une bonne floraison. Les manguiers préfèrent les sols sablo-limoneux à limoneux, à pH légèrement acide ou neutre. Ils supportent les sols argileux (Bakry *et al.*, 2002).

### II.3.3. Ecologie et production

Le manguiers est un arbre fruitier de climat tropical caractérisé par une alternance très nette de saisons sèches et humides. Les limites nord et sud de sa zone de culture débordent sur les tropiques en quelques points du globe où les conditions climatiques sont encore favorables. La région la plus éloignée au nord de l'équateur se trouve en Israël, vers 31° 50 de latitude Nord. L'arbre peut fructifier sous une gamme étendue de climats, mais pour les plantations commerciales ces limites sont plus restreintes et fonction de la température, de la pluviosité, de l'altitude, des vents, de l'insolation et de l'humidité relative (De Laroussilhe, 1980). Les manguiers, particulièrement les jeunes arbres sont très sensibles au gel. Les températures critiques se situent aux environs de +1°C et +2°C (De Laroussilhe, 1980). Pour Sturrock (1951), il est fréquent qu'un coup de froid entre -1°C et +2°C d'une demi-heure avant le lever du soleil provoque le gel de l'écorce à la base du tronc chez les jeunes arbres. Ce gel tue l'écorce qui se craquelle avec comme conséquence la rupture des canaux empêchant la circulation de la sève et donc une mort brutale de l'arbre.

Le manguiers se comporte bien quand les températures ne descendent que rarement en dessous de +2,2° à 4,4 °C et quand elles s'élèvent rarement au-dessus de +40,5° à +43,5°C (Singh, 1967). Les fortes températures (au-dessus de 44°C) en période sèche, provoquent des coups de soleil sur les fruits situés sur la face ouest des arbres, comme à Bamako (Mali). Elles provoquent aussi par temps sec, une forte évapotranspiration et en dehors de la période de l'initiation florale elles créent un déséquilibre hydrique préjudiciable au bon comportement des arbres. Dans les régions ayant des hivers relativement frais, le relèvement des températures provoque en général une floraison abondante ; il peut influencer la date de floraison d'une année à l'autre (De

Laroussilhe, 1980). En Inde le manguier pousse jusqu'à 1250 m d'altitude. Au Cameroun vers 1300 m, les manguiers ne fructifient qu'à des intervalles irréguliers (Singh, 1967). D'après Hopkins (1938) cité par De Laroussilhe (1980) ; l'altitude décale la floraison du manguier de quatre jours par 120 m, comme la latitude retarde la floraison de quatre jours par degré.

Le manguier se développe et produit dans des régions ayant des pluviosités annuelles très différentes. Ainsi, les vergers commerciaux du Queensland (Australie), reçoivent suivant le lieu entre 750 et 2250 mm de pluie, avec une saison sèche de juin à octobre qui permet une bonne initiation florale (Stephens, 1949). Au Mali, dans la région de Koulikoro, la moyenne annuelle est de 909 mm (Rey, 1974).

Le manguier comme les autres fruitiers, a besoin d'un repos végétatif pour induire la floraison. Cet indispensable repos est provoqué par une période sèche d'au moins deux mois et demi à trois mois. Les pluies pendant la période de floraison, peuvent causer des dégâts importants et même détruire tout espoir de récolte. A ce stade, l'eau lave et entraîne le pollen ainsi que les sécrétions florales attractives pour les insectes pollinisateurs. Elle favorise les attaques fongiques à une période où les fleurs et les jeunes fruits sont très sensibles. En effet les attaques fongiques se développent moins, surtout si l'humidité de l'air est faible ; les fruits surtout pour les variétés précoces évoluent dans de très bonnes conditions et sont de bonne qualité. Si les réserves en eau sont insuffisantes, la chute des jeunes fruits est plus abondante et ceux qui subsistent grossissent mal, à moins que l'on ait commencé à irriguer au moment de la floraison. Une longue saison sèche, bien marquée est donc très favorable à une bonne fructification du manguier, l'irrigation intervenant si besoin est, pour assurer une évolution normale des fruits (De Laroussilhe, 1980).

L'humidité relative élevée, les brouillards et les fortes rosées favorisent les attaques fongiques sur les fleurs et sur les fruits. Les longues périodes nuageuses seraient aussi défavorables au moment de la floraison et de la nouaison (De Laroussilhe, 1980).

Les vents peuvent causer des dégâts d'importance variable suivant leur force, la période où ils soufflent et par leur action desséchante. Dans les pays soumis aux ouragans et aux cyclones, ceux-ci peuvent détruire les récoltes et même déraciner les arbres. Les vents ont une action néfaste sur l'activité des insectes pollinisateurs. Quand ils sont secs et chauds, ils augmentent l'évapotranspiration et peuvent créer un déséquilibre dans l'alimentation hydrique préjudiciable à l'arbre (De Laroussilhe, 1980).

### **II.3.4. Stades de développement et physiologie du fruit**

L'évolution de la mangue sur arbre peut être divisée en quatre stades selon Srivastana (1967). Le stade juvénile, qui s'étend sur environ 21 jours, débute à la fécondation. Il est caractérisé par une multiplication rapide des cellules et une croissance de celles-ci pour former le jeune fruit. Dans un second stade de 28 jours environ, le fruit croît; les cellules s'allongent, l'activité respiratoire s'accroît modérément, le rapport C/N augmente.

Au stade climatérique ou critique, l'activité respiratoire de la mangue et le rapport C/N sont élevés. C'est au cours de cette période que les réserves du fruit s'accumulent sous forme d'amidon ; elle dure de 77 à 80 jours pour les variétés indiennes. A la fin du stade climatérique, les pigments chlorophylliens verts disparaissent progressivement ; c'est le début de la coloration de la peau ; d'autre part les apports nutritifs de l'arbre au fruit se ralentissent notablement. La fin du stade climatérique correspond au moment où le fruit a accumulé toutes ses réserves ; il est alors mature. C'est seulement à ce stade que le fruit peut être récolté sans inconvénient pour la qualité. Le fruit laissé sur l'arbre, mûrira normalement en subissant différentes transformations, dont les principales sont : la transformation de l'amidon en sucre ; la diminution de l'acidité ; l'apparition de la couleur du fruit mûr, en particulier par disparition des pigments verts ; la coloration de la chair en jaune-orangé ; celle-ci très ferme au départ, devient plus ou moins fondante suivant les variétés ; l'apparition du parfum et du goût caractéristiques de la mangue.

Au point d'abscission entre le pédoncule du fruit et l'axe de la panicule florale, il se forme des assises de tissus liégeux qui arrêtent complètement les apports de sève et préparent la séparation du fruit ; quand le fruit sera complètement mûr il se détachera de l'arbre. Après sa chute son déclin commencera en particulier par le brunissement de la chair. Le fruit mûr est plus sensible aux attaques fongiques, la chair plus sucrée et peu acide étant favorable au développement des micro-organismes.

Si l'on coupe l'axe qui relie le pédoncule du fruit à l'arbre avant que ce dernier ait atteint le stade mature, une éjection de sève a lieu. Celle-ci plus épaisse près du stade mature, s'atténue et sèche plus rapidement.

Cheema et Dani (1934) définissent quatre stades autour du point de récolte :

-Stade A : les épaules du fruit se situent au niveau du point d'insertion du pédoncule sur le fruit et la peau est vert-olive.

-Stade B : les épaules sont plus hautes que le niveau du point d'insertion du pédoncule et la couleur est vert-olive.

*Chapitre 1 : Synthèse bibliographique*

-Stade C : les épaules sont plus hautes que le niveau d'insertion du pédoncule et la couleur s'éclaircit.

-Stade D : la chair devient molle et la coloration se développe



## **Chapitre 2**

# **Préférences de ponte et sensibilité des fruits aux piqûres des mouches des fruits**

## **CHAPITRE 2 : Préférence de ponte et sensibilité des fruits aux piqûres de mouches des fruits**

Ce chapitre est rédigé sous la forme deux articles dont l'un est publié dans la revue *Fruits* et l'autre est un projet d'article. Le premier article porte sur la préférence de ponte de *Bactrocera dorsalis* testée dans les conditions de laboratoire. Il traite également de l'effet du stade développement du fruit sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*. Dans le second article, c'est la dynamique des populations de mouches des fruits par la collecte de fruits dans les vergers suivis qui est examinée. Cette partie de ce chapitre décrit le cycle des populations de mouches des fruits au sein des agrosystèmes d'une saison à une autre. De même, elle tente de démontrer comment survivent et se maintiennent les populations de mouches des fruits dans les vergers en dehors leur période de fortes pullulations.

## I. Effet de l'état physiologique et du stade de développement du fruit (agrumes, mangues et papayes) sur la préférence de ponte de *Bactrocera dorsalis* (Diptera : Tephritidae)

Paterne DIATTA, Jean Yves REY, Jean François VAYSSIERES, Karamoko DIARRA, Emile Victor COLY, Mathieu LECHAUDEL, Isabelle GRECHI, Saliou NDIAYE, Ousmane NDIAYE

Manuscrit publié dans la revue **Fruits** (le 13 mars 2013)

**Résumé-introduction.** La production fruitière ainsi que le commerce régional et international des fruits enregistrent de lourdes pertes économiques ces dix dernières années en Afrique, imputables aux dégâts causés par les mouches des fruits ; notamment *B. dorsalis* (Diptera : Tephritidae). Ce nuisible s'attaque à des fruits appartenant à de nombreuses familles botaniques dont plusieurs ont une grande importance économique. Les femelles de ces mouches pondent généralement dans les fruits matures mais certaines peuvent pondre dans les fruits immatures.

**Matériel et méthodes.** L'influence de l'espèce fruitière, de la variété de fruit, du stade de maturité du fruit et de son état physiologique sur l'attractivité de *B. dorsalis* et la stimulation de son comportement d'oviposition ont été étudiés au laboratoire. Des fruits présentant des caractéristiques différentes pour chacun des facteurs testés sont placés dans des cages et exposés à des couples de mouches gravides. Les fruits exposés sont ensuite mis à incubation et les pupes qui en émergeaient ont été dénombrées. Les fruits utilisés ont été régulièrement collectés au cours de l'année 2008 à 2009 dans les vergers de la zone des Niayes

**Résultats et discussion.** Les femelles de *B. dorsalis* pondent préférentiellement dans les fruits mûrs. Au sein d'une même espèce fruitière, la variété joue un rôle important sur la préférence de ponte. Ainsi, parmi les variétés de mangues testées, la variété Pêche a hébergé le nombre de pupes par fruit le plus élevé alors que la variété Palmer en a hébergé le plus faible. La comparaison entre différentes espèces fruitières a montré que la papaye mûre est plus infestée que la mangue et les agrumes mûrs. **Conclusion.** Cette étude montre que *B. dorsalis* peut attaquer les fruits hôtes à tous les stades de développement et même les fruits avortés par abscission. Par conséquent la gestion de ce biogresseur nécessite d'inclure les mesures prophylactiques pour l'élaboration et l'implémentation d'un système de lutte intégrée.

**Mots-clés :** mouches des fruits, préférence de ponte, *Bactrocera dorsalis*, fruits hôtes, état physiologique, stades de maturité

### I.1. Introduction

L'arboriculture fruitière est une importante source de revenus pour les paysans. Les fruits jouent un rôle économique et social prépondérant en subvenant aux besoins des populations (Diallo *et al.* 2003). Les fruitiers alimentaires possèdent un potentiel considérable pour résoudre le déficit en micronutriments essentiels et en énergie indispensable à l'équilibre nutritionnel de l'homme. Au Sénégal la filière horticole connaît un essor important. Ainsi, la production fruitière est passée de 95075 tonnes en 1986 à plus de 150000 tonnes en 2003 (Dhort, 2003). La mangue représente à elle seule 60 % de cette production.

Cependant les mouches des fruits, notamment *Bactrocera dorsalis* Drew Tsuruta & White, constituent une des plus importantes menaces auxquelles la production fruitière ainsi que le commerce régional et international sont confrontés au cours des dix dernières années en Afrique. Ce nuisible initialement signalé en Afrique de l'Est, est originaire de Sri Lanka. Il est maintenant bien établi dans la plupart des pays d'Afrique Sub-sahariens et en particulier en Afrique de l'Ouest, où il a fait chuter les exportations régionales de fruits (Spreu, 2011). Les plantes hôtes de *Bactrocera dorsalis* sont diverses et nombreuses. Elles appartiennent à un grand nombre de familles botaniques, qui ont pour la plupart une grande importance économique.

Au Kenya des espèces fruitières cultivées ou sauvages telles que la mangue *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), la banane *Musa sp* (Musaceae); et les citrons [tangerine *Citrus reticulata* Blanco, et orange douce *Citrus sinensis* (all Rutaceae)], l'arbre à bière *Sclerocarya birrea* (A.Rich) Hochst. (Anacardiaceae) et le badamier *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) ont été identifiées comme des plantes hôtes de *B. dorsalis* (Rwomushana *et al.* 2008).

Au Bénin, Vayssières *et al.* (2005) ont mis en évidence les hôtes suivants pour *B. dorsalis* : *Anacardium occidentale* L., *M. indica*, (Anacardiaceae), *Capsicum annum* L. (Solanaceae), *Cucurbita spp.* (Cucurbitaceae), *Annona muricata* L. (Annonaceae), *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), *Carica papaya* L. (Caricaceae), *Diospyros montana* Rox (Ebenaceae), *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn (Sapotaceae) et les *Citrus* (Rutaceae). Des études ultérieures sur une liste plus exhaustive des hôtes de *B. dorsalis* ont été réalisées par Goergen *et al* (2011).

Les femelles du complexe *Bactrocera dorsalis* Hendel, dont *B. dorsalis*, déposent leurs œufs sous l'épiderme des fruits hôtes à l'aide de leur ovipositeur tout comme la plupart des téphritidées. Elles peuvent pondre 1 à 20 œufs par piqûre (Vargas *et al.*, 1984).

L'attractivité des fruits et la stimulation du comportement de ponte des femelles adultes de la mouche orientale (*B. dorsalis*) ont été évaluée à trois stades de maturité de la papaye par Eric

et Douglas (1991) sous tunnel de vol. Il a montré que les femelles passaient plus de temps sur les papayes totalement mûres que sur les vertes. Au sud Bénin, Vayssières *et al* (2010) ont noté que c'était essentiellement les papayes mures (*C. papaya*) qui étaient réellement attractives pour les femelles de *B. dorsalis* autour des vergers d'agrumes.

Pour avoir de plus amples informations sur la bio écologie de *B. dorsalis* en relation avec les fruits hôtes potentiels, l'effet de l'espèce fruitière, de la variété de fruits, du stade de développement et de l'état physiologique des fruits sur la préférence de ponte a été analysé.

## **I.2. Matériel et méthode**

### **I.2.1. Les mouches des fruits**

Des pupes de *B. dorsalis* ont été initialement extraites de mangues infestées et collectées dans des vergers situés à Notto Gouye Diama. Pour disposer d'un nombre important de mouches, la génération initiale a été multipliée sur papayes. Les effectifs résultants de cette multiplication ont permis le démarrage de l'élevage de masse de *B. dorsalis*. Cet élevage a permis de disposer de mouches des fruits en quantité suffisante pour conduire les essais de préférence de ponte. Les adultes étaient nourris avec de l'eau, du sucre, de la levure de bière et de la purée de mangue ou de banane. L'élevage en cage de *B. dorsalis*, a eu lieu en conditions ambiantes, au laboratoire d'entomologie de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de l'Université de Thiès (Sénégal).

### **I.2.2. Les fruits hôtes**

Dix sept variétés de mangues, trois espèces d'agrumes et une variété de papaye (Solo) ont été choisies pour déterminer l'influence du stade de maturité et de l'état physiologique des fruits sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*. En effet le choix porté sur les mangues repose sur le fait qu'elles constituent le groupe de fruitiers hôtes cultivés le plus représentatif dans la zone d'étude, où d'importantes attaques attribuées à *B. dorsalis* sont notées. Quant aux agrumes et papayes ils représentent dans les vergers, les fruits prédominants en l'absence des mangues.

Tous les fruits ont été collectés dans des vergers situés dans l'une des principales zones de production de mangues du Sénégal, et plus particulièrement à Notto Gouye Diama, Sindia, Poute et Keur Moussa. Pour obtenir le stade de maturité « fruits mûrs », les papayes et les mangues ont été récoltées au stade tournant puis conservées à température ambiante en attendant qu'elles mûrissent complètement.

Les fruits utilisés dans l'expérience, sont issus de vergers qui n'ont fait l'objet d'aucun traitement à base de pesticide. Ils ont été choisis avec beaucoup d'attention et surtout en veillant à ce qu'aucun fruit ne soit préalablement infecté par inspection minutieuse d'éventuelles traces de piqûres, avant leur exposition. Toutefois pour évaluer le taux d'infestation au verger, à chaque expérimentation une quinzaine de fruits n'était pas exposée aux mouches des fruits. Ce lot était ensuite mis en incubation, l'activité larvaire était recherchée afin de vérifier que le lot de fruits était indemne.

### **I.2.3. Caractéristiques des fruits**

La définition des stades de maturité des fruits, était basée principalement sur la taille et la couleur de l'épiderme. Ainsi trois stades de maturité ont été définis pour les papayes et les mangues. Le stade vert correspondait à des fruits immatures, qui cueillis et gardés longtemps ne pourraient pas être consommés. Le stade tournant correspondait à des fruits verts ayant atteint leur taille maximale, qui cueillis et gardés pendant quelques jours muriraient et pourraient être consommés. Enfin, le stade mûr correspondait à des fruits ayant acquis la maturité complète et pouvant être consommés immédiatement.

Pour évaluer la préférence de ponte de *B. dorsalis* sur la mangue en fonction de son état physiologique, deux états ont été retenus : un constitué de mangues immatures avortées par abscission et l'autre de mangues immatures cueillies sur arbre. En effet l'état immature avorté par abscission correspondait à de petits fruits immatures ramassés au sol et quand à l'état immature cueilli sur arbre, il correspondait à des fruits immatures en croissance.

Pour les agrumes quatre stades de maturité ont été définis. Le stade Vert1 qui regroupait les fruits immatures de petite taille, le stade Vert2 qui regroupait les fruits immatures de taille qui avoisinait celle des fruits mûrs, le stade Vert-jaune qui représentait des fruits ayant atteint leur taille maximale avec une coloration vert clair et l'apparition de la couleur jaune sur différentes zones du fruit, et enfin le stade Jaune qui regroupait les fruits ayant atteint la maturité complète représentée par une couleur uniforme jaune.

### **I.2.4 Dispositif expérimental**

L'estimation de la préférence de ponte sur différentes modalités, telles que : l'espèce fruitière, la variété de fruit, le stade de maturité du fruit et l'état physiologique, a été étudiée. Les fruits de différentes modalités testées ont été exposés dans une cage 50X50X50 cm qui renfermait 25 couples de mouches gravides, aux qu'elles les fruits étaient exposés pendant 48 heures. La cage étant l'unité expérimentale, le dispositif expérimental était composé de cinq cages. Le dispositif

était répété au moins trois fois. Les fruits exposés ont été placés en observation dans des seaux contenant du sable à leur base jusqu'à l'apparition des pupes. Ces pupes ont été d'abord extraites et comptées puis placées dans des boîtes de Pétri.

### I.2.5. Effet du stade de maturité du fruit sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

La préférence de ponte de *B. dorsalis* a été évaluée, en fonction du stade de maturité sur une variété de papaye : *C. papaya* (variété Solo), sur trois espèces d'agrumes (mandarine commune : *Citrus deliciosa*, kumquat : *Fortunella japonica* et lime de Tahiti : *Citrus aurantifolia*) et sur deux variétés de mangues : *M. indica* (Kent et Irwin). Trois stades de maturité pour la papaye et la mangue (vert, tournant et mûr) et quatre stades de maturité pour les agrumes (Vert1, Vert2, vert-jaune et jaune), sont exposés.



**Figure 5:** Mangues à différents stades phénologiques exposés à *B. dorsalis*



**Figure 6:** Agrumes à différents stades phénologiques

### I.2.6. Effet de l'état physiologique de la mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

La préférence de ponte de *B. dorsalis* à différents stades physiologiques ("avorté" et "sur arbre") a été évaluée sur les mangues des variétés : kent, keitt, colombo et irwin. Quatre fruits de la même variété dont deux avortés (avortement par abscission) et les deux autres cueillis étaient simultanément exposés dans une cage.



Figure 7: Mangues "sur arbre" immatures



Figure 8: Mangues "avorté" immature

### I.2.7. Effet de la variété de la mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

Des mangues mûres uniquement, regroupant quinze variétés, ont été étudiées. Toutes les mangues ayant servi à ces comparaisons variétales avaient atteint la maturité complète. Ainsi quatre fruits de variétés différentes ont été exposés concomitamment dans une même cage avec la kent comme la variété témoin.

### I.2.8. Effet de l'espèce fruitière sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

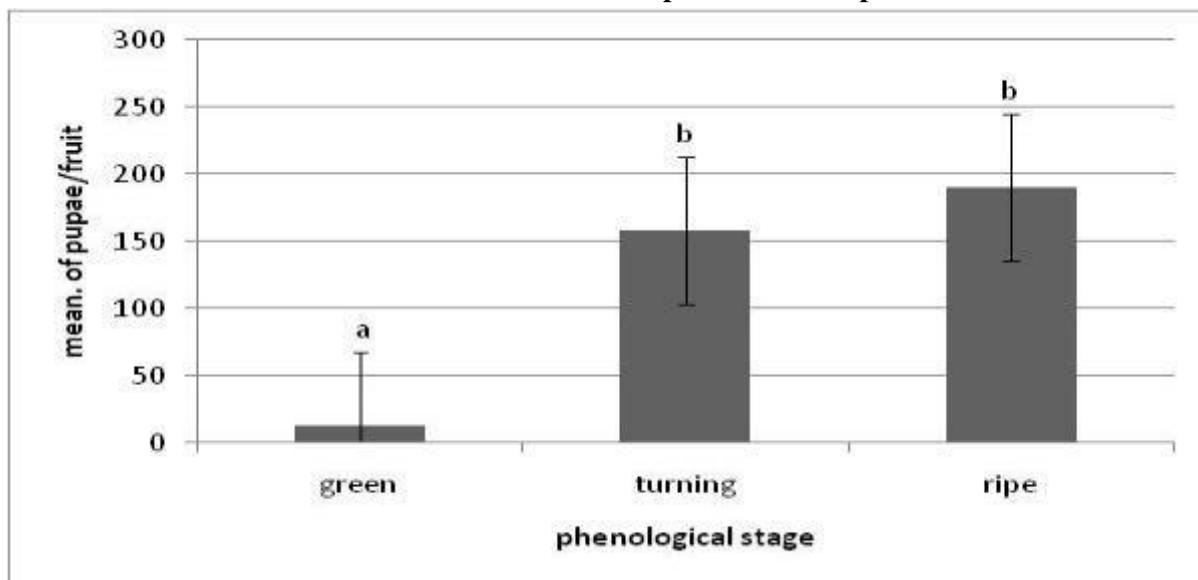
Les fruits mûrs de trois espèces sont exposés aux mouches des fruits. L'appréciation de la préférence de ponte de *B. dorsalis* a été estimée à partir du dénombrement de pupes de pupes collectées à partir des fruits mûrs des différentes espèces fruitières sensibles aux piqûres des mouches des fruits.

### I.2.9. Analyse et traitement des données

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel Xlstat (6.1.9). Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour évaluer l'effet des facteurs étudiés (espèces fruitières, variétés, stade de maturité et état physiologique) sur la préférence de ponte *B. dorsalis*. Des comparaisons de moyennes deux à deux ont été effectuées à l'aide d'un test de comparaison multiple de Newman Keuls (5 %) ont été effectués.

### I.3. Résultats

#### I.3.1. Effet du stade de maturité du fruit sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*



**Figure 9:** Effet du stade phénologique de la papaye sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*, évalué en fonction du nombre de pupes par fruits (mean  $\pm$  SE ; n = 15) (les barres avec des lettres différentes représentent des valeurs significativement différentes)

La figure 9 ( $F= 3.385$ ;  $df= 2$  ;  $P= 0.012$ ) présente la préférence de ponte de *B. dorsalis* en fonction du stade de maturité de la papaye (*C. papaya*). L'analyse statistique a permis de ranger les valeurs dans 2 groupes significativement différents avec d'une part les fruits verts et d'autre part, ceux tournants (mature) et mûrs. Les nombres moyens de pupes les plus élevés ont été obtenus à partir des fruits tournants et mûrs respectivement avec 158 et 190 pupes/fruit contre seulement 12 pupes/fruit pour les fruits verts. Les 12 pupes/fruit ont été obtenues sur un seul fruit vert immature alors que les autres fruits verts étaient sains.

**Tableau 1:** Effet du stade phénologique des agrumes sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*, évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur les trois espèces d'agrumes (mean  $\pm$  SE ; n=15)

Espèces d'agrumes	Stades phénologiques			
	Vert1	Vert2	Vert-jaune	Jaune
<i>C. aurantifolia</i>	0	0	0	0
<i>F. japonica</i>	4 <sup>b</sup>	76 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>
<i>C. deliciosa</i>	34 <sup>b</sup>	34 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	64 <sup>ab</sup>

Les moyennes sur la même ligne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Newman Kauls test :  $\alpha=0.05$ )

Dans les essais sur les agrumes (*Citrus spp*), des résultats différents ont été observés selon les espèces. La lime de Tahiti (*C. aurantifolia*) n'était pas attaquée par *B. dorsalis* quelque soit le stade de maturité du fruit (Vert1, Vert2, Vert-Jaune et Jaune) (tableau 1). Des tests complémentaires ont été conduits sur des fruits dont l'état a été artificiellement dégradé par différents traitements, comme la congélation des fruits ou leur chauffage dans l'eau bouillante après épluchage. Après le traitement à l'eau bouillante, le cycle de *B. dorsalis* a pu être effectif sur quelques fruits.

Concernant les kumquats (*F. japonica*), tous les stades de maturité ont révélé des attaques des mouches (tableau 1) (F= 9.272; df= 3 ; P= 0.000). Cependant, les niveaux de préférence étaient différents. En effet, le nombre moyen de pupes extraites des fruits au stade de maturité Vert1 (4,17 pupes/fruit) est significativement inférieur à ceux observés pour les stades Vert2 (76,2 pupes/fruit), Vert-Jaune (78,5 pupes/fruit) et jaune (70,8 pupes/fruit). Ces trois derniers stades de maturité n'étaient pas significativement différents entre eux. Pour la mandarine commune (*C. deliciosa*), le stade de maturité verte-jaune a été le plus infesté par les mouches. A cette maturité, s'opposaient les degrés de maturité Vert1 et Vert2 qui ont moins de pupes. Cependant, le stade de maturité jaune se trouvait à l'intermédiaire de ces deux groupes (tableau 1) (F= 2.388; df= 3 ; P= 0.087).

**Tableau 2:** Effet des stades phénologiques de la mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis* (mean  $\pm$  SE ; n = 15) on two mango varieties.

Variétés de mangue	Stade phénologique		
	Vert	Tournant	Mûr
Kent	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>
Irwin	0 <sup>b</sup>	19 <sup>ab</sup>	36 <sup>a</sup>

Les moyennes sur la même portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Newman Kauls test :  $\alpha=0.05$ )

Les essais menés sur les mangues (*M. indica*) ont montré que les mangues vertes (immatures) n'étaient pas infestées par les mouches des fruits quelque soit la variété (tableau 2) (F= 4.009; df= 2 ; P= 0.036). Chez la variété Kent, les piqûres étaient exclusivement concentrées sur les mangues mûres avec en moyenne 43 pupes/fruit.

Pour la variété Irwin, le stade Mûr était également le stade de maturité préféré des mouches (36 pupes/fruit) mais le stade tournant a aussi été infesté (19 pupes/fruit) (F= 5.115; df= 2 ; P= 0.012).

### I.3.2. Effet de l'état physiologique de la mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

**Tableau 3:** Effet du stade physiologique de la mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*, évalué à partir du nombre de pupes par fruit (mean  $\pm$  SE ; n = 15) sur quatre variétés de mangue.

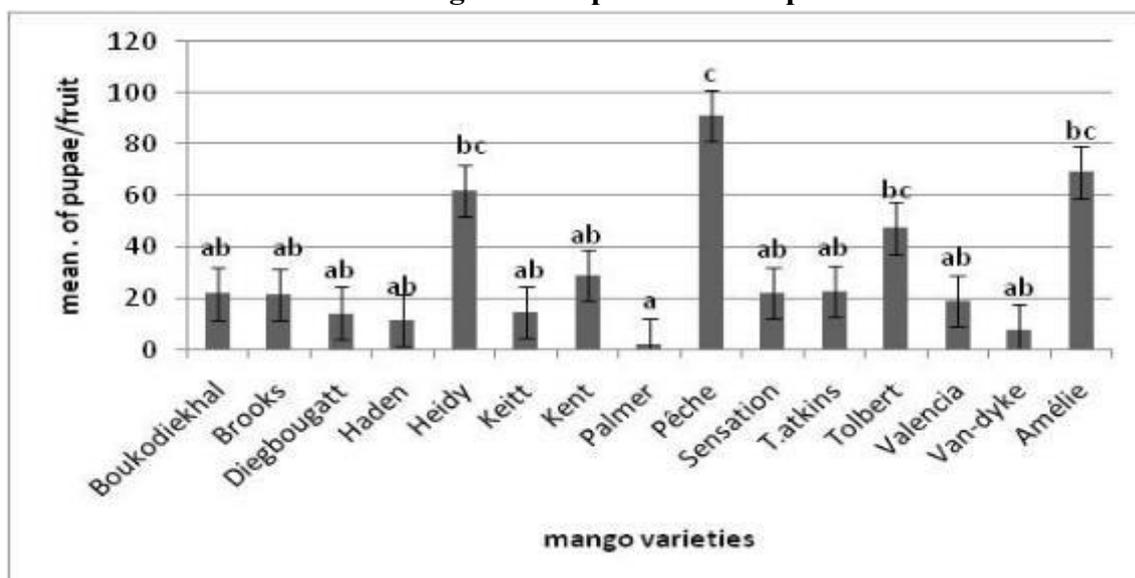
Variété de mangue	Stades physiologiques	
	Fruits avortés	"fruits sur arbre"
Kent	76 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>
Keitt	23 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>
Colombo	106 <sup>a</sup>	164 <sup>a</sup>
Irwin	109 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>

Les moyennes sur la même ligne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Newman Kauls test :  $\alpha=0.05$ )

La variété Irwin présentait une différence significative entre les états physiologiques pour le nombre de pupes collectées (tableau 3) ( $F= 13.605$ ;  $df= 1$ ;  $P= 0.001$ ). En effet les mangues immatures, "sur arbre" avaient un nombre moyen de pupes (21 pupes/fruit) moins élevé que celui des mangues ramassées, avortées par abscission (109 pupes/fruit).

Les variétés Keitt ( $F= 0.163$ ;  $df= 1$ ;  $P= 0.688$ ), Kent ( $F= 2.383$ ;  $df= 1$ ;  $P= 0.130$ ) et Colombo ( $F= 2.632$ ;  $df= 1$ ;  $P= 0.115$ ) avaient un niveau d'infestation qui n'était pas significativement différent entre les mangues "sur l'arbre" et les mangues ramassées avortées. Toutefois, pour la variété Kent les pontes des mouches étaient en moyenne supérieures sur les fruits ramassés par rapport aux fruits récoltés ("sur arbre").

### I.3.3 Effet de la variété de mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*



**Figure 10:** Effet de la variété de mangue sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*, évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur des mangues mûres (mean  $\pm$  SE ;  $n = 15$ ) (les barres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Newman))

Sur mangues mûres, le niveau d'attractivité exprimé en nombre moyen de pupes par fruit résultant de la ponte des mouches était significativement plus faible pour les fruits de la variété Palmer (2 pupes/fruit) (figure 10). Par contre un nombre moyen de pupes élevé a été obtenu pour les fruits de la variété Pêche (90 pupes/fruit). Les autres variétés restantes affichaient un niveau intermédiaire entre ces deux groupes.

### I.3.4. Influence de l'espèce fruitière sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*

**Tableau 4:** Effet de l'espèce fruitière sur la préférence de ponte de *B. dorsalis*, évalué en fonction du nombre de pupes par fruit sur mangue, agrumes et papaye (mean  $\pm$  SE ; n = 15).

Fruit species	Number of pupae/fruit
<i>M. indica</i>	28 <sup>c</sup>
<i>Citrus spp</i>	66 <sup>b</sup>
<i>C. papaya</i>	190 <sup>a</sup>

Les moyennes de la colonne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Newman Kauls test :  $\alpha=0.05$ )

Les préférences de ponte de *B. dorsalis* par rapport à différentes espèces de fruits mûrs, des familles des Caricaceae (papaye), Rutaceae (agrumes) et Anacardiaceae (mangue) sont présentées dans le **tableau 4** (F= 12.648; df= 2 ; P= 0.0001). Le nombre de pupes le plus élevé a été obtenu sur papaye (190 pupes/fruit), alors que les mangues avaient hébergé, de loin, le plus faible nombre de pupes (28 pupes/fruit).

### I.4. Discussion

L'influence du stade de maturité du fruit sur la préférence de ponte de *B. dorsalis* a été étudiée sur des espèces fruitières appartenant à trois familles. Sur l'ensemble des fruits après leur exposition à des femelles gravides en cage, les nombres moyens de pupes les plus faibles ont été obtenus à partir de fruits verts. Chez certaines espèces ou variétés fruitières, aucune infestation n'a été enregistrée pour ce stade. Par contre beaucoup plus de pupes ont été dénombrées dans les fruits mûrs. En effet Rattanapun *et al.* (2009) ont remarqué que les femelles de *B. dorsalis* ont une attractivité plus grande pour les fruits tournants et mûrs que pour les fruits immatures. Dans la nature, chez différentes espèces fruitières il y a souvent au début un nombre plus important de fruits verts que de fruits mûrs sur l'arbre, cependant les fruits mûrs se trouvent infestés de façon sélective par les mouches des fruits, supposant une influence du stade de maturité du fruit hôte sur son attractivité vis-à-vis des mouches des fruits (Eric, B. J. et Douglas, M. L., 1991). Ainsi, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) et *B. dorsalis* pondent de préférence sur les fruits mûrs que sur ceux tournants et

immatures (Carlé *et al.*, 1987 ; Vargas *et al.*, 1995 ; Cornelius *et al.*, 2000). Par contre Gikonyo *et al.* (2003) ont rapporté que les femelles sauvages de *Ceratitis cosyra* (Walker) étaient plus attirées et pondaient préférentiellement sur les mangues immatures et tournantes de couleur verte que sur les mangues mûres et jaunes en milieu naturel.

Sur les mangues immatures l'oviposition a eu lieu et des pupes ont été obtenues aussi bien chez les mangues cueillies que chez celles avortées (par abscission). Cela indique que *B. dorsalis*, ne disposant que de fruits immatures peut s'en servir comme site de ponte. Toutefois, les quantités de pupes collectées sur les mangues immatures étaient plus importantes que celles sur les fruits mûrs dans l'essai comparatif des stades de développement. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part, par la forte mortalité larvaire dans les fruits mûrs, observée pendant la durée d'incubation et d'autre part, par le fait que les fruits immatures semblent être des milieux plus favorables au développement larvaire. De plus le nombre de pupes était différent dans les essais états physiologiques et stades de développement pour des fruits verts immatures. En effet, dans les tests comparatifs des stades de développement des fruits, les fruits immatures n'étaient pas infestés ou l'étaient faiblement. Par contre, dans les essais sur les états physiologiques, les fruits immatures étaient fortement infestés. Cette différence pourrait s'expliquer par l'absence de choix dans les essais états physiologiques où seuls des fruits immatures sont présentés aux femelles de *B. dorsalis* tandis que dans les essais stades de maturité, trois stades différents sont présentés aux mouches dont un qui est généralement préféré des femelles des mouches des fruits (Rattanapun *et al.*, 2009). Toutefois en l'absence de sites de pontes il était fréquent de voir les femelles de *B. dorsalis* déposer leurs œufs dans les cotés des cages. De surcroît, cette différence notée pourrait être liée au fait que les deux essais soient menés à deux périodes différentes de l'année.

Par ailleurs pour un même état physiologique, il n'y a pas eu de différence significative quant aux nombres de pupes extraites des variétés Kent, Colombo et Keitt. Chez la variété Irwin, un nombre moyen de pupes significativement plus élevé a été obtenu avec les mangues ramassées (avortées par abscission). Ceci montre que les mangues peuvent être infestées par les mouches des fruits à un stade de développement précoce. En effet, De Laroussilhe (1980) souligne que les mangues sont susceptibles d'être attaquées par les mouches des fruits depuis leur grossissement à leur maturation. D'autre part les fruits avortés, constituent un substrat de multiplication important pour les mouches des fruits. Il faut noter que les attaques précoces de *B. dorsalis* n'ont pas été observées sur des fruits en développement sur l'arbre. Au Bénin, Vayssières *et al* (2008) ont montré que les très jeunes mangues, après abscission, pouvaient

héberger des larves de *B. dorsalis* très tôt en saison. Ces études confirment que les vergers peuvent être des lieux de multiplication de *B. dorsalis* bien avant que les mangues n'atteignent le stade tournant.

L'influence de la variété sur l'attractivité à la ponte de *B. dorsalis* a été abordée via la comparaison au laboratoire de mangues mûres appartenant à 15 variétés. La variété Pêche, connue en Inde sous les noms de « Paheri » ou « Peter Passand », a hébergé le nombre moyen de pupes le plus élevé. La variété Palmer, par contre a eu le nombre moyen de pupes le plus faible. Les traits physiques du fruit tels que la couleur et l'épaisseur du péricarpe ou encore la forme de la mangue pourraient être des facteurs déterminant de l'oviposition. En effet, *Bactrocera tryoni* (Froggatt), pique préférentiellement les variétés de tomate « Grosse Lisse et Roma » à péricarpe doux que la variété « cherry » à péricarpe plus dur (Balagawi et al. 2005 ; Seo et al. 1982). Dans le cas de la mangue, la variété Pêche présenterait des caractères physiques ou chimiques qui attireraient plus les mouches que ceux présents chez la variété Palmer.

L'influence de l'espèce fruitière, sur l'attractivité à la ponte de *B. dorsalis* a été étudiée sur les agrumes. Les mouches n'ont pas pu se développer sur la lime. Bien que des œufs aient été observés à l'incubation des fruits, aucune pupa, ni larve n'a été enregistrée à l'extraction. La transformation des fruits mûrs par différents traitements (congélation, épluchages puis chauffage dans l'eau bouillante) a permis dans certains cas d'observer le développement complet des larves. Ceci semble indiquer l'existence d'un effet inhibiteur dans la lime, sur le développement de *B. dorsalis*, car à l'incubation, il y avait des traces de piqûres et des œufs sur les fruits exposés.

Les mandarines et les kumquats jaunes présentaient des nombres moyens de pupes moins élevés que les fruits vert-jaune. Ces résultats corroborent ceux de Garcia-Ramirez et al. (2000) qui ont montré qu'en conditions de laboratoire *Anastrepha ludens* (Loew) était plus attirée par les extraits volatils de *C. aurantium* verts que ceux provenant des fruits mûrs.

La comparaison de différentes espèces fruitières appartenant à trois familles a montré que la papaye (*C. papaya*) était préférée aux agrumes (*Citrus spp*) et aux mangues (*M. indica*). Ces différences pourraient être liées à la physiologie des fruits ou aux caractéristiques physiques et olfactives propres à chaque type de fruit. Or, les Tephritidae polyphages, comme *B. dorsalis*, répondent à une gamme plus vaste d'extraits volatils et de stimuli visuels issus des plantes et organes hôtes et donc influencés par la physiologie que celles oligophages (Nigg et al. 1994). Des travaux sur les Tephritidae polyphages comme *A. suspensa* (Loew) (Light et al. 1992), *C.*

*capitata* (Wharthen et al.1997) et *B. dorsalis* (Light, et Jang 1987) ont démontré que ces espèces répondent à une large gamme de composés chimiques issus de fruits mûrs des plantes hôtes.

### **I.5. Conclusion**

La présente étude a permis de montrer que *B. dorsalis* peut attaquer les fruits à presque tous leurs stades de maturité. En effet les fruits immatures avortés ou cueillis (sur arbre) sont aussi sensibles aux piqûres des mouches. Cependant, les résultats indiquent que *B. dorsalis* préfère les fruits mûrs aux fruits immatures et tournants. Le facteur variété joue un rôle important dans la susceptibilité des attaques liées aux mouches de fruits. En effet la variété Pêche est la plus sensible et a hébergé le nombre moyen de pupes par fruit le plus élevé (90 pupes/fruit) contrairement à la variété Palmer qui a enregistré le nombre moyen de pupes par fruits le plus faibles (2 pupes/fruit). En plus de la variété, l'espèce fruitière influe beaucoup sur l'attractivité à la ponte, à l'image de la papaye mûre qui est plus attaquée que les mangues et les agrumes au même stade, dans les essais au laboratoire.

La lime n'est pas un hôte potentiel pour *B. dorsalis*, malgré sa grande polyphagie

### **Remerciements**

Nous tenons à remercier très chaleureusement l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès (SENEGAL) pour les moyens mis à notre disposition pour la réalisation de cette étude. Nous tenons à exprimer nos remerciements à l'ISRA/CDH pour son soutien tant financier que technique. Enfin nous adressons notre reconnaissance à l'équipe technique et aux élèves ingénieur de l'ENSA de Thiès.

## **II. Les mangues immatures avortées par abscission sont à l'origine des pullulations des populations de mouches des fruits enregistrées en période favorables**

### **II.1. Introduction**

Dans les régions tropicales, les mouches des fruits sont d'une importance économique majeure en horticulture (Mwatawala *et al.*, 2006 ; Billah *et al.*, 2008 ; Vayssières *et al.*, 2008). En effet plusieurs espèces de cette famille attaquent et causent d'importantes pertes de production de la mangue et des agrumes. Au Sénégal l'espèce invasive, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) a été retrouvée sur 24 variétés de manguiers, 19 cultivars d'agrumes et chez d'autres espèces fruitières cultivées et spontanées (Ndiaye *et al.*, 2012). Ainsi depuis l'établissement de cette espèce dans les agrosystèmes fruitiers la qualité commerciale de la production fruitière est fortement compromise, de plus l'étalement de cette production est très sévèrement écourté. De nombreux programmes de recherche sont effectués pour le contrôle de cette mouche des fruits. Les résultats des premiers travaux de suivi de la population de mouches des fruits ont permis d'entrevoir que l'espèce *B. dorsalis* est très abondante en saison pluvieuse (Ndiaye *et al.*, 2008). L'objectif de cette étude est de connaître l'origine des pics de population observés à partir du mois de mai et surtout en juin.

### **II.2. Matériel et méthode**

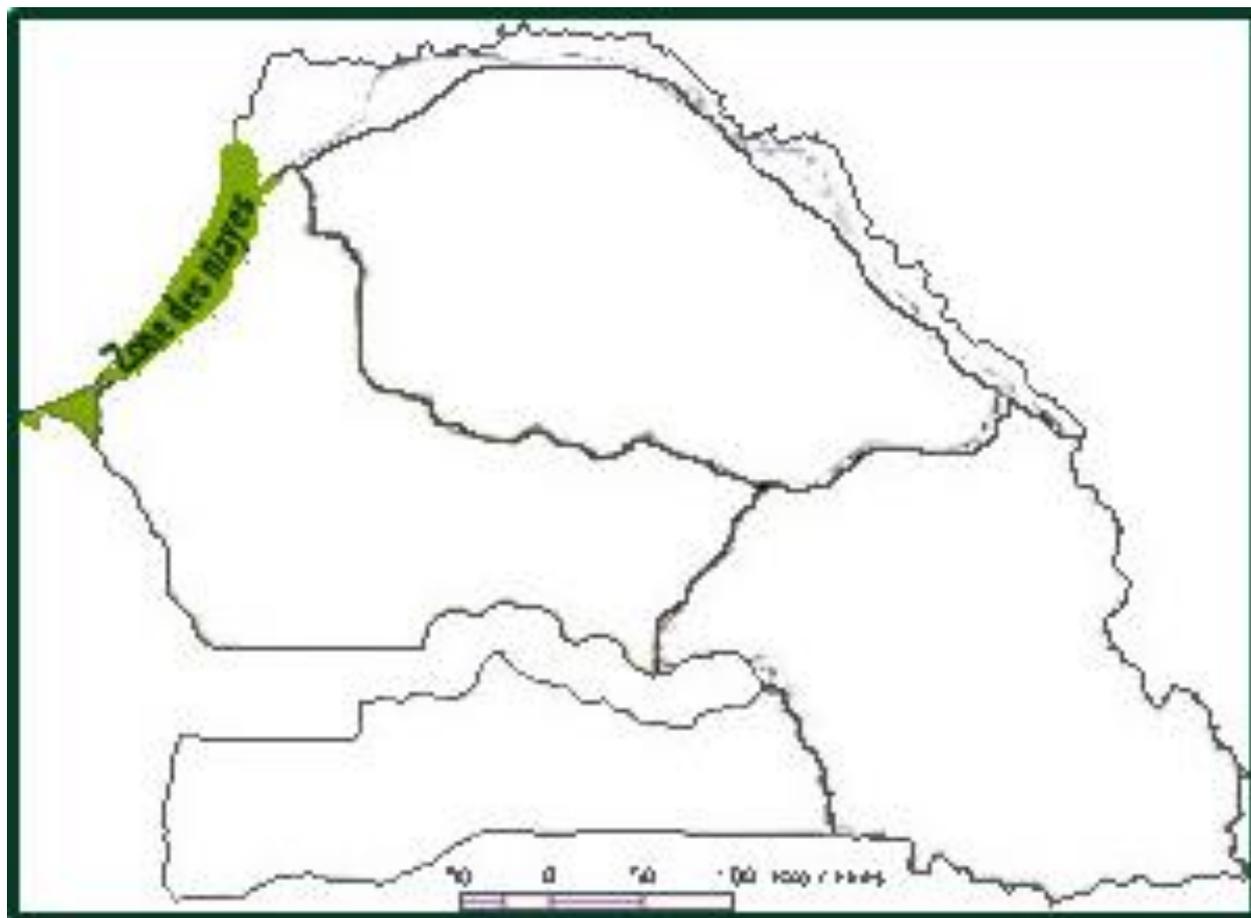
#### **II.2.1. Zone d'étude**

La zone des Niayes est une bande côtière qui s'étend de Dakar à Saint Louis sur 5 à 30 km de large et 200 km de long. Elle est située entre la latitude 14°54' et 15°54' Nord et la longitude 16°60' et 17°20' Ouest. Ce qui lui offre des conditions naturelles très favorables à l'agriculture en générale et l'horticulture en particulier.

La zone des Niayes abrite la grande majorité des vergers des régions de Dakar et Thiès et a un climat de type subcanarien caractérisé par l'alizé maritime. La saison pluvieuse très courte (3 à 4 mois) procède de l'influence de la mousson. La zone des Niayes bénéficie d'un microclimat assez particulier avec une saison froide de 3 à 6 mois qui coïncide avec la saison sèche où prédominent les alizés. Les températures moyennes minimales sont enregistrées durant les mois

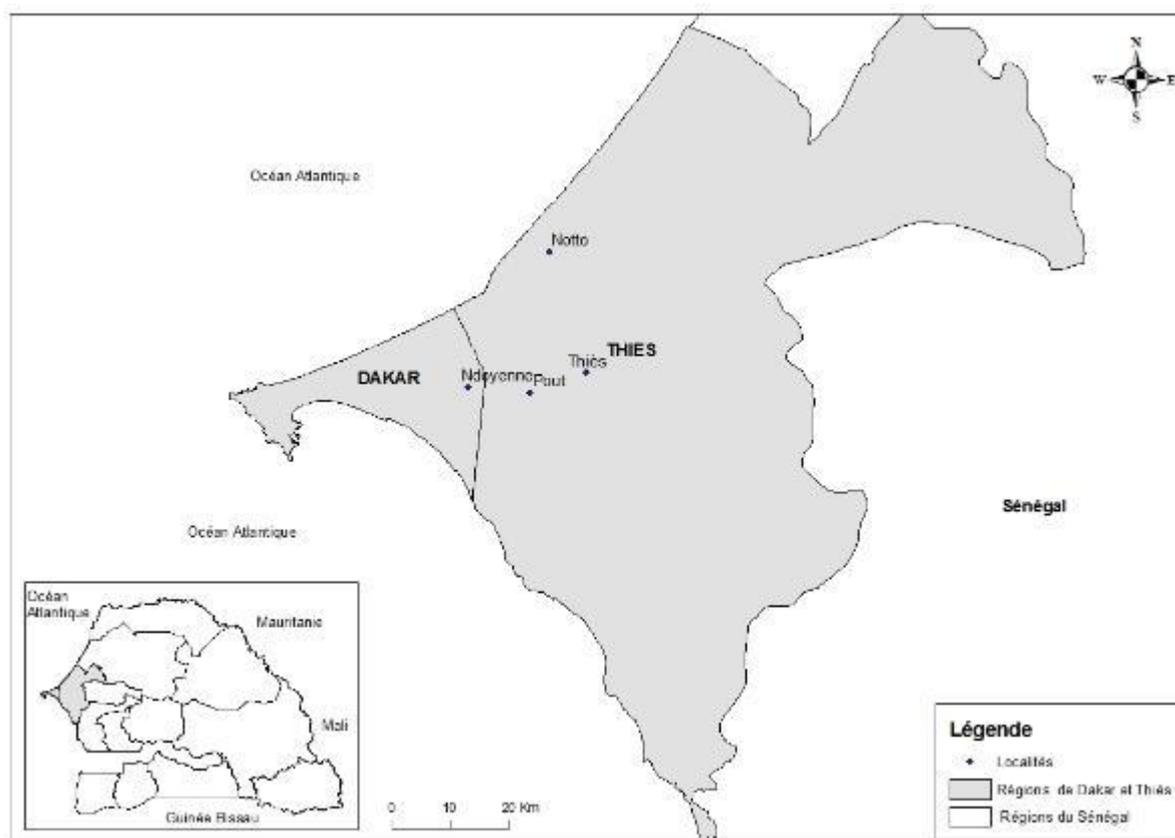
de janvier et février quant à celles maximales, elles sont observées durant les mois d'août à octobre.

La végétation est représentée d'une part par la strate herbacée et d'autre part, dans les systèmes de dunes rouges ogoliennes, dominant les espèces ligneuses comme *Parinari macrophylla*, *Acacia albida*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca* plus présentes dans la partie septentrionale de la zone des Niayes. Les strates arbustives et herbacées sont essentiellement composées d'Euphorbiacées (*Euphorbia balsamifera*), de Combretacées (*Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*,) et de graminées saisonnières (*Cenchrus biflorus*, *Andropogon sp*).



**Figure 11:** Carte représentant la zone des Niayes dans le Sénégal

Les vergers étudiés de cette des Niayes sont répartis dans les sites de Sindia, Thiès, Pout, Notto Gouye Diama, Keur-Moussa et Ndoyenne où la fluctuation inter-annuelle et inter-saisonnière des populations de mouches des fruits a été suivie dans un échantillon de 70 vergers.



**Figure 12:** Carte représentant l'ensemble des sites étudiés dans les régions de Thiès et de Dakar

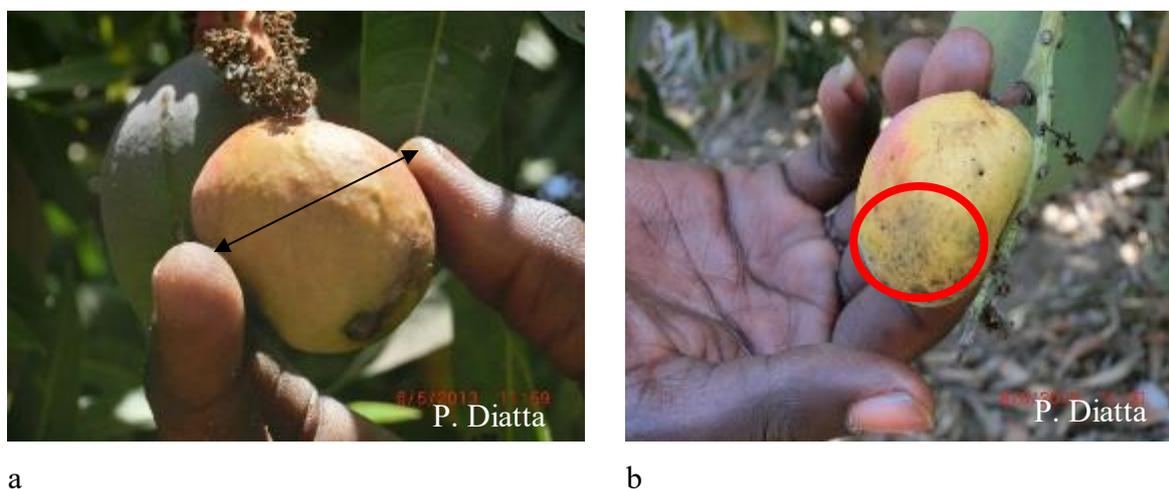
### II.2.2. Espèces fruitières cultivées dans les agrosystèmes des Niayes

Un inventaire des espèces fruitières pérennes et semi-pérennes dans les agrosystèmes étudiés a permis de recenser 18 espèces. Ce sont le manguier (*Mangifera indica* L.), les agrumes (*Citrus reticulata* Blanco, *C. sinensis* (L) Osbeck, *C. paradisi* Macfad, *C. limon* L. et *Fortunella* sp.), l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.), l'avocatier (*Persea americana* Miller), le palmier (*Elaeis guineensis* Jacq), l' ananas (*Ananas comosus* L.), le bananier (*Musa sp* Sieb.), le cerisier (*Prunus* sp), le corossolier (*Annona muricata* L.), le colatier (*Cola acuminata* Beauv.), le papayer (*Carica papaya* L.), le goyavier (*Psidium guajava* L.), le grenadier (*Punica granatum* L.) et le sapotillier (*Manilkara zapota* L.). Dans l'échantillon ayant servi à caractériser les agroécosystèmes, les agrumes et les manguiers représentent respectivement 28,75 % et 61,11 % des arbres (Gréchi *et al.* 2013). Mais étant donné que les parcelles pures de manguiers et d'agrumes correspondent à des surfaces beaucoup plus importantes que les parcelles mixtes, on peut considérer que les manguiers et les agrumes représentent plus de 95 % en surface des espèces fruitières de la zone.

### II.2.3. Méthode

#### II.2.3.1 Collecte de fruits hôtes dans les vergers

Pour suivre le mode de reproduction des mouches des fruits à partir des fruits hôtes cultivés dans les agrosystèmes des régions de Dakar et de Thiès, une collecte de fruits a été effectuée pendant une année à partir du mois d'avril 2013 au mois de mars 2014. Dans les vergers répartis au niveau des trois zones d'étude (Notto Gouye Diama : zone fraîche ; Thies-Sindia : zone chaude ; Pout-Ndoyenne-Sébikotane : zone intermédiaire) ; deux collectes de fruits étaient réalisées dans le mois à deux semaines d'intervalle. Pendant chaque sortie, les fruits choisis présentaient une activité larvaire. Cette collecte concernait les fruits des espèces fruitières cultivées et à différents stades de maturité.



**Figure 13:** Mangues immatures avortées sur pieds et hébergeant des larves de mouches des fruits. Cette mangue a un diamètre compris entre 3 et 4 centimètres (a). Sur l'épiderme des mangues immatures où se développent des larves de mouches des fruits, une région translucide qui se présente sous forme de tache est fréquemment observée (b)



a



b

**Figure 14:** Mangues immatures avortées par abscission piquées par *Bactrocera dorsalis*. Ces mangues immatures qui présentent de nombreux traits caractéristiques des mangues mûres (coloration, odeur etc.) sont piquées au sol (a). Du fait de l'activité larvaire très développée, les mangues immatures infestées sont plus légères que celles saines. Leur poids léger pourrait être assimilé à celui de petit objet fermé et vide (b)



a

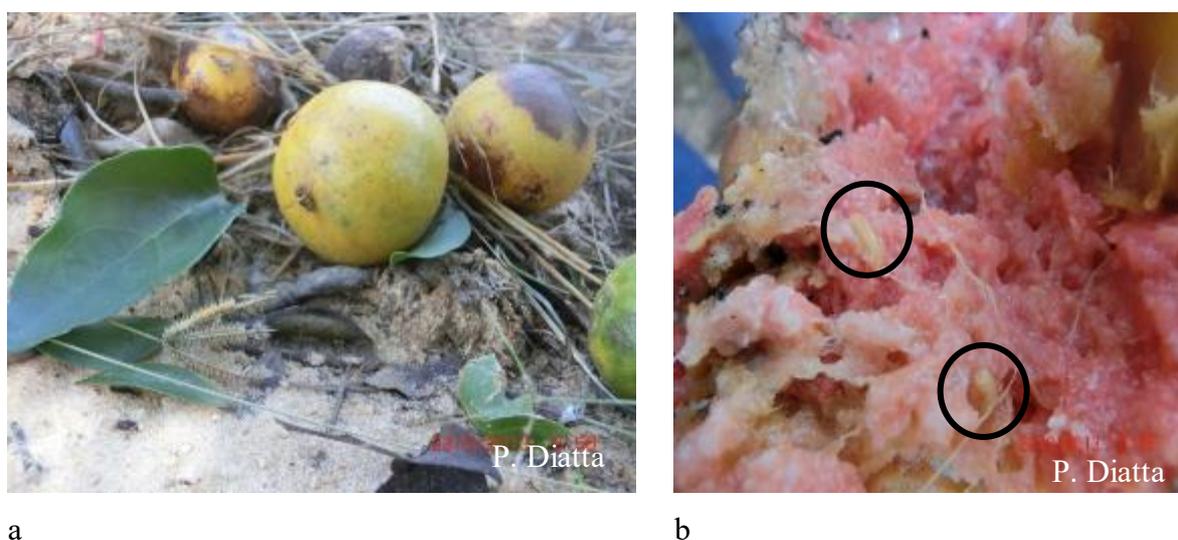


b

**Figure 15:** Développement de larves dans des mangues immatures et avortées par abscission. Ces mangues immatures hébergent de nombreuses larves (a et b)



Figure 16: Sortie de larves de mouches des mangues immatures pour la pupaison. Sur cette mangue immature hébergeant des larves, il est observé une larve quittant le fruit pour le sol (a). Sous les fruits ayant hébergé des larves, le sol y est souvent plus ou moins humide ; aussi en prélevant un peu de ce sol sur au plus 2 centimètres, des larves et/ou des pupes peuvent être observées (b).



**Figure 17:** Agrumes infestés par les mouches des fruits. Une femelle de *Bactrocera dorsalis* piquant au sol une mandarine mûre (a). Les larves de mouches des fruits en s'alimentant dans le fruit comme le pomélo, accélère sa décomposition (b)



**Figure 18:** Pupes de mouches des fruits extraites du sol. Dans le sol, des pupes peuvent être extraites sur les 3 premiers centimètres de profondeur de sol (a et b)



**Figure 19:** Emergence de *B. dorsalis* observée dans le verger. Sur et ou sous certains fruits immatures et avortés par abscission au sol, il arrive que le stade de pupaison ait lieu dans le fruit. Ces fruits ont parfois des diamètres compris entre 3 et 4 centimètres aussi aux premières heures de la journée où les émergences des mouches des fruits sont généralement observées, il est possible d'assister à cette mutation de ces insectes.

### II.2.3.2 Incubation des fruits collectés et identification des espèces de mouches

Après chaque collecte de fruits, ces derniers sont convoyés au laboratoire où ils sont placés en observation dans des seaux renfermant du sable et fermés à l'aide d'un léger tissu. En effet avant et pendant les incubations, les fruits collectés sont d'abord mesurés, comptés et placés dans les seaux selon l'espèce fruitière, le stade de maturité du fruit, le verger et la date de collecte. A l'extraction, les pupes issues de chaque seau d'incubation, une fois comptées sont placées dans des boîtes de Pétri en maintenant les informations établies lors de l'incubation.

Elles sont laissées ainsi dans les boîtes de Pétri pour suivre les émergences des mouches des fruits par jour.



**Figure 20:** Incubation des mangues immatures collectées. Les fruits collectés sont placés dans des seaux ayant à leur base du sable fin (a). Selon leur calibre, les fruits classés dans le seau puis fermé à l'aide d'un tissu fin pendant la phase d'incubation (b).

### II.2.3.3 Taux d'infestation au pied de l'arbre et dans les vergers mixtes et irrigués

A partir de la saison sèche où les niveaux de population de mouches des fruits sont au plus bas, cinq vergers avec des caractéristiques voisines (diversité des espèces fruitières cultivées, pratiques des producteurs) sont choisis pour suivre les infestations au sol et au pied de l'arbre sur deux variétés de manguiers et une espèce d'agrumes. Un échantillon de cinq pieds par variété et par espèce a été arrêté par verger. Au pied de chaque arbre suivi, une aire de 9 m<sup>2</sup> ayant l'arbre à son milieu est délimitée. Sur cette surface un suivi des infestations est effectué tous les 15 jours. En effet il s'agit pendant ce suivi de compter à chaque collecte les fruits avortés par abscission se trouvant dans l'aire délimitée et de prélever ceux présentant une activité larvaire qui sont ensuite convoyés au laboratoire pour incubation.

### II.2.3.4 Phénologie des fruitiers cultivés dans les vergers des régions de Dakar et Thiès

Pour mieux cerner la relation entre le fonctionnement des agrosystèmes fruitiers et les fluctuations de la mouche des fruits : *Bactrocera dorsalis* ; la phénologie des fruitiers potentiellement hôtes de *B. dorsalis* a été suivie de février 2013 à février 2014. Ce suivi a pour but d'élaborer un calendrier de disponibilité de fruits susceptibles d'héberger les larves de

mouches des fruits. Ainsi le suivi phénologique s'appliquait à tous les fruitiers cultivés dans les vergers et répartis dans les différents sites étudiés.

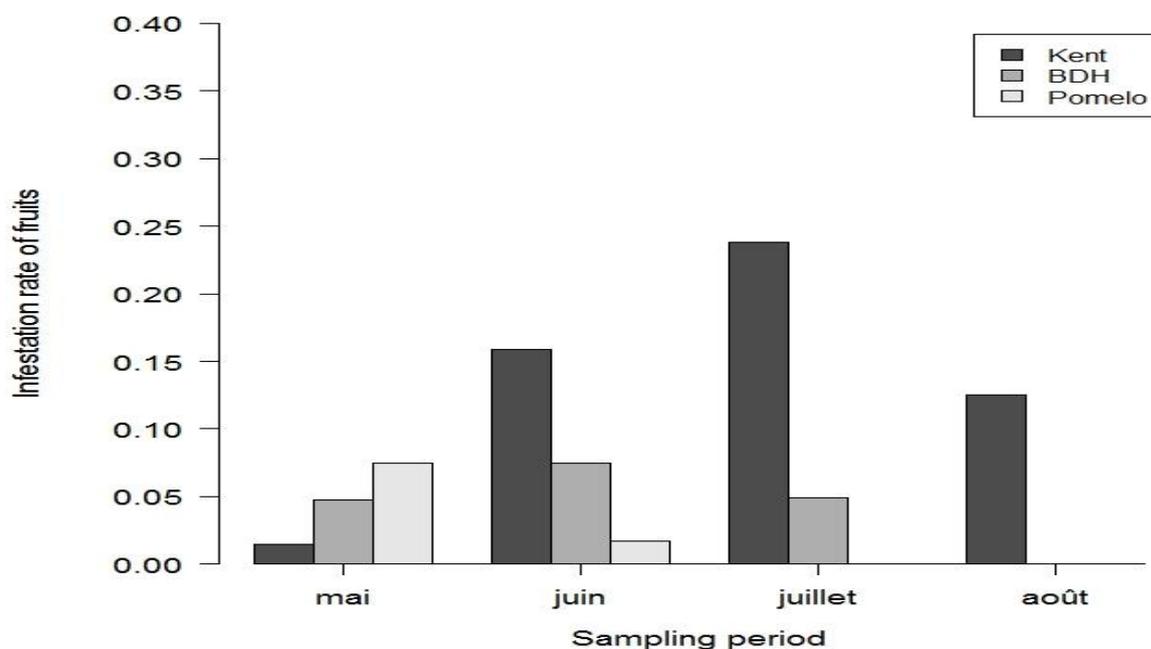
Sachant que les fruitiers présentent généralement une variabilité agro-physiologique au niveau de leurs branches ; leur cycle phénologique était articulé autour de cinq principaux stades. Il était attribué un stade à un arbre lorsque le phénotype exprimé par l'arbre couvre au moins 50 % de ses unités de croissance (faciès). Toutefois pendant la phase de croissance des fruits les morphotypes extrêmes étaient notés au côté du caractère prédominant sur l'arbre.

A cet effet, pour avoir un aperçu global du stade phénologique de l'arbre, les caractères (mini, prédominant et maxi) exprimés par l'arbre au moment du relevé seront notés. Les cinq principaux stades de l'arbre sont :

- Débourrement floral (DF)
- Pleine floraison (PF)
- Croissance
- Maturité
- Végétatif

## II.3. Résultats

### II.3.1 Taux d'infestation des fruits au pied de l'arbre dans les vergers mixtes et irrigués



**Figure 21:** Evolution des infestations des fruits de la période défavorable à celle favorable

La figure 21 présente l'évolution des infestations de fruits (pomélo : variété Shambar ; et mangues : variétés BDH et Kent) par les mouches des fruits dans les vergers mixtes irrigués. Les infestations des fruits par les mouches des fruits sont particulièrement remarquées sur Pomélo au mois de mai. Au fur et à mesure que la saison humide s'approche et s'installe, les infestations les plus importantes passent progressivement des agrumes aux mangues ; avec des enregistrements des taux d'infestation plus élevés aux pieds de manguiers de la variété Kent.

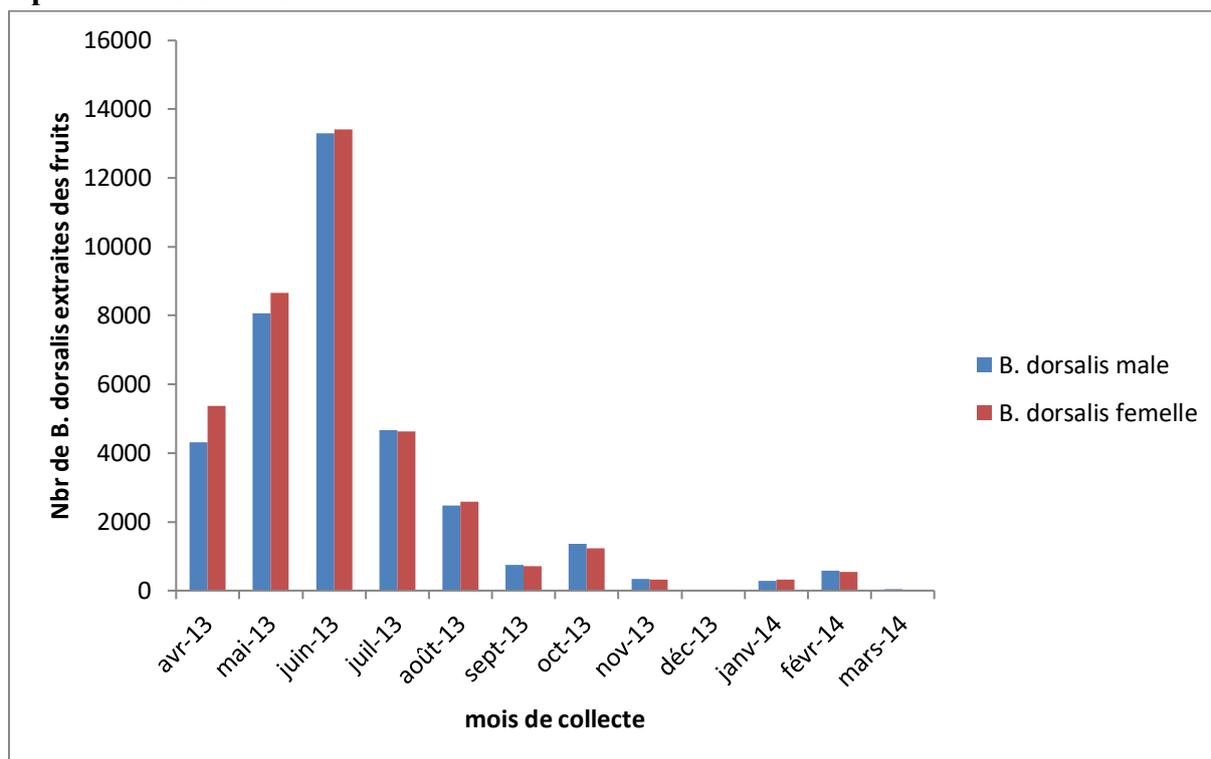
### II.3.2. Phénologie des fruitiers cultivés dans les vergers des régions de Dakar et Thiès

**Tableau 5:** Calendrier de disponibilité des fruits hôtes dans les agro-écosystèmes fruitiers des régions de Thiès et Dakar.

Fruits	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
mangues												
Orange												
mandarine												
Pomélo												

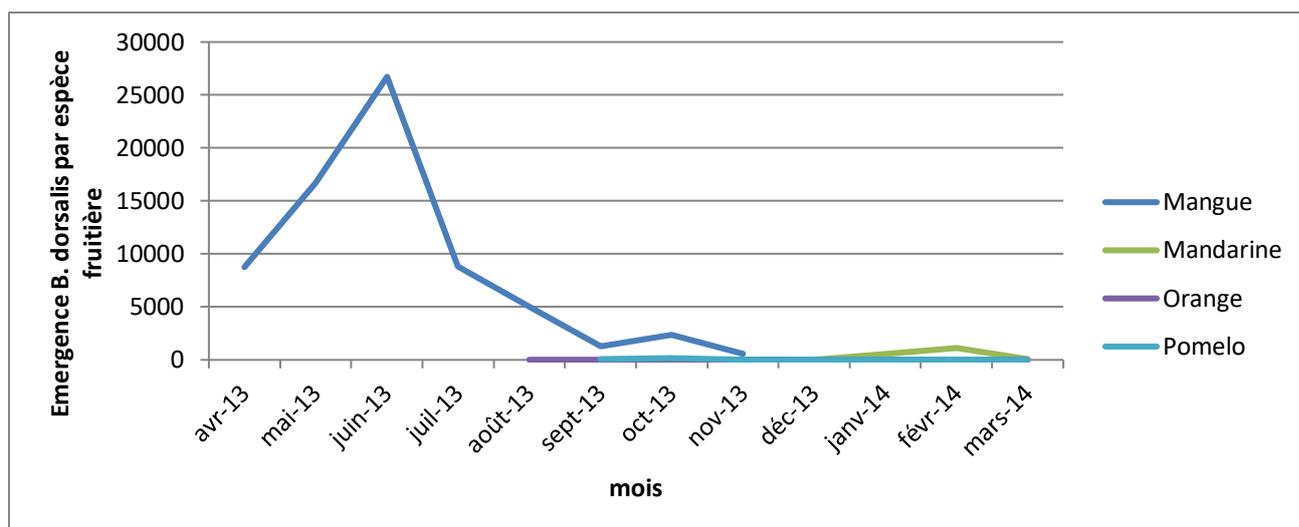
La disponibilité des fruits hôtes sensibles aux piqûres de mouches des fruits dans les agro-écosystèmes fruitiers des régions de Dakar et Thiès est représentée dans le tableau ci-dessus. De mars à novembre, il y a dans les vergers des mangues à des stades de développement sensibles aux piqûres de mouches. Aussi dans la période du mois de septembre à celui de juin, il existe dans les vergers des oranges, des mandarines et des pomélos à des stades de développement sensibles aux piqûres de mouches des fruits.

### II.3.3. Emergence et identification de Tephritidae issues des collectes de différentes espèces fruitières cultivées



**Figure 22:** Nombre de *B. dorsalis* mâle et femelle éclos à partir des différents fruits collectés durant la période d’avril-13 à mars-14

L'évolution des émergences de *B. dorsalis* à partir des fruits collectés des vergers des régions de Dakar et Thiès (Notto Gouye Diama, Thiès et Pout-Ndoyenne-Sébikone) et en fonction de la période de collecte est représentée dans la figure 22. Au cours de la période de collecte et parmi les émergences enregistrées de *B. dorsalis*, il y a eu autant de mâles que femelle. Du mois d'avril à celui de juin, les émergences de *B. dorsalis* augmentent progressivement pour atteindre leur pic au mois de juin. A partir du mois de juillet le nombre de mouches émergées issues des fruits collectés diminue rapidement pour atteindre ensuite des niveaux faibles entre les mois de septembre et mars.



**Figure 23:** Nombre de *B. dorsalis* émergés chaque mois selon les espèces fruitières

L'évolution des émergences de *B. dorsalis* issues de différentes espèces fruitières collectées est représentée dans la figure 23. Du mois d'avril à celui de novembre, les émergences de mouches des fruits obtenues sont essentiellement enregistrées à partir des fruits de mangues collectées. De décembre à mars *B. dorsalis* se multiplie et se maintient dans les vergers sur les agrumes qui sont composés essentiellement de mandarine, d'orange et de pomélo.

**Tableau 6:** Reproduction des mouches des fruits au cours de l'année en fonction des espèces fruitières hôtes et de leur stade de maturité.

Mois	Espèces	Stade de maturité	Nbre de fruits total	Nbre de mouches/fruit
Avr-13	Mangue	Immature	471	20
Mai-13	Mangue	Immature	1067	15
Juin-13	Mangue	Immature	909	29
	Mangue	Mûre	14	36
Juil-13	Mangue	Immature	339	26
	Mangue	Mûre	57	36
	Acajoux	Mûre	7	16
Août-13	Mangue	Mûre	149	34
Sept-13	Mangue	Mûre	45	28
	Goyave	Mûre	2	5.5
	Mandarine	Mûre	38	0.7
	Orange	Mûre	10	3.2
	Pomélo	Mûre	24	4.1
Oct-13	Mangue	Mûre	63	37
	Mandarine	Mûre	8	1.6
	Orange	Mûre	4	9.5
	Pomélo	Mûre	65	2.6
Nov-13	Mangue	Mûre	46	12.5
	Mandarine	Mûre	27	1.5
	Orange	Mûre	5	1.8
	Pomélo	Mûre	21	1.3
Déc-13	Mandarine	Mûre	27	1
	Pomélo	Mûre	11	0.2
Janv-14	Mandarine	Mûre	160	3.4
	Orange	Mûre	30	0.4
	Pomélo	Mûre	32	1.3
Févr-14	Mandarine	Mûre	161	6.9
	Pomélo	Mûre	23	0.3

Mars-14	Mandarine	Mûre	23	3.2
---------	-----------	------	----	-----

La reproduction des mouches des fruits à partir des fruits collectés dans les vergers et à différents stades phénologiques pendant l'année est représentée dans le tableau ci-dessus. Pendant les premiers mois de collecte, les fruits infestés dans les vergers étaient généralement constitués de mangues immatures avortées par abscission. Dans ce lot de fruits immatures une vingtaine de mouches en moyenne par fruit était enregistrée. A partir du mois de juin en plus des mangues immatures avortées par abscission, il y avait aussi des mangues mûres. Ces dernières ont hébergé en moyenne une trentaine de mouches par fruit. Pour les autres mois de l'année les infestations étaient sur les mangues mûres et les agrumes mûrs (pomélo, mandarine et orange)

**Tableau 7:** Reproduction des mouches des fruits à partir des fruits hôtes cultivés pendant l'année

		Avr-13		Mai-13		Juin-13		Juil-13		Août-13		Sept-13		Oct-13		Nov-13		Déc-13		Janv-14		Févr-14		Mar-14		
		16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-28	1-15			
Mangue	Fruits	471	980	87	532	391	145	251	108	41	0	45	46	17	46											
	Pupes	10440	17687	5006	17089	14888	5157	8849	4587	2153	0	1921	2235	1169	742											
	<i>B. dorsalis</i>	8747	12706	4021	14809	11915	3604	5193	3481	1562	0	1294	1501	879	578											
	<i>C. cosyra</i>	0	2	2	64	372	558	1776	107	1	0	2	0	0	0											
	<i>C. silvestrii</i>	0	0	0	0	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0											
	<i>C. ditissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0											
	<i>C. capitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Orange	Fruits										2	1	9	0	4	5	0	0	0	21	9	2	0	1		
	Pupes										16	28	7	0	46	9	0	0	0	8	9	0	0	0		
	<i>B. dorsalis</i>										12	25	7	0	38	9	0	0	0	8	5	0	0	0		
	<i>C. cosyra</i>										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	<i>C. silvestrii</i>										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	<i>C. ditissima</i>										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	<i>C. capitata</i>										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Pomelo	Fruits										2	22	33	32	21	0	0	11	26	6	10	13	10			
	Pupes										33	114	54	160	34	0	0	4	24	22	9	0	0			
	<i>B. dorsalis</i>										22	76	47	122	29	0	0	3	23	20	8	0	0			
	<i>C. cosyra</i>										0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Chapitre 2 : Préférence de ponte et sensibilité des fruits aux piqûres de mouches des fruits

	<i>C. silvestrii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>C. ditissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>C. capitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mandarine	Fruits	3	35	8	0	27	0	0	27	79	81	81	80	23
	Pupes	4	33	17	0	49	0	0	38	348	291	709	624	88
	<i>B. dorsalis</i>	1	26	13	0	41	0	0	27	298	250	603	519	74
	<i>C. cosyra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>C. silvestrii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
	<i>C. ditissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>C. capitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	19	17	5
	Fruits		27	185	196	0	259							
Kumquat	Pupes	15	242	361	0	160								
	<i>B. dorsalis</i>	0	0	0	0	0								
	<i>C. cosyra</i>	0	0	0	0	0								
	<i>C. silvestrii</i>	0	0	0	0	0								
	<i>C. ditissima</i>	0	0	0	0	0								
	<i>C. capitata</i>	11	204	307	0	142								

Evolution des émergences de mouches des fruits à partir des principales espèces fruitières en fonction de la période de collecte des fruits est représentée dans le tableau ci-dessus. Pendant la saison des mangues, quatre espèces de mouches des fruits ont été extraites des mangues. Il s'agit de *B. dorsalis*, *Ceratitidis cosyra*, *Ceratitidis silvestrii* et de *Ceratitidis ditissima*. A partir des oranges comme sur les pomélos collectés, seules les espèces de mouches des fruits *B. dorsalis* et *Ceratitidis cosyra* ont été extraites. Sur mandarine, ce sont les espèces *B. dorsalis*, *Ceratitidis silvestrii* et *Ceratitidis capitata* qui sont extraites. Dans les kumquats, seule l'espèce *Ceratitidis capitata* a été identifiée à l'issue des émergences.

#### **II.4. Discussion**

L'irruption de populations de mouches des fruits à certaines périodes de l'année dans la zone des Niayes est souvent expliquée, d'une part par l'importation des premières maturités de mangues des autres régions et des pays limitrophes du Sénégal et d'autre part par le phénomène de diapause que vivent les mouches des fruits lors des périodes défavorables. Ainsi le suivi des populations de mouches des fruits par la collecte des fruits avortés par abscission tout comme ceux mûrs tombés au sol a permis d'identifier les principaux fruits hôtes en fonction des saisons, sources des pullulations enregistrées en période favorable.

#### **Taux d'infestation des fruits au pied de l'arbre dans les vergers mixtes et irrigués**

Dans les vergers mixtes irrigués, dès le début de la collecte des fruits au pied de l'arbre, les infestations étaient observées plus sur pomélo que sur les deux variétés de manguiers (Kent et BDH). Ces infestations plus marquées sur le pomélo pourraient être liées à leur disponibilité dans les vergers. En effet dans ce type de verger, la production de pomélo est maintenue pendant toute la saison sèche. Ainsi les producteurs pour préserver la qualité de cette production assurent régulièrement l'irrigation de ces agrumes. Ces pratiques créent au pied de l'arbre des conditions qui favoriseraient non seulement le développement larvaire dans les fruits tombés mais faciliteraient également la pupaison.

A partir du mois de juin jusqu'en août les infestations au pied de l'arbre sont plus remarquées sur la variété kent que sur le pomélo et la variété BDH. En effet pendant cette période, les mangues de la variété kent avortées par abscission étaient quantitativement plus disponibles que le pomélo et la variété BDH. Cela s'explique par le fait que la variété BDH est précoce et par conséquent se récolte plutôt que la variété kent. Quant au pomélo, sa production est maintenue jusqu'au plus tard en juin. Ainsi pendant cette période les infestations sont d'avantage concentrées sur la variété Kent jusqu'à la fin de sa production au mois d'août.

#### **Phénologie des fruitiers cultivés dans les vergers des régions de Dakar et Thiès**

Dans les régions de Dakar et Thiès, les fruits hôtes des mouches des fruits sont disponibles pendant toute l'année. Ainsi les mangues sensibles aux piqûres des mouches sont présentes dans les vergers à partir de la fin du mois de mars au mois d'octobre. Quant aux agrumes (mandarine, orange et pomélo), les premiers stades sensibles aux piqûres des mouches sont observés pendant la saison des mangues. Leur production qui s'étale d'octobre à février

prédomine dans les vergers. Elle se poursuit par endroit jusqu'aux mois de mai-juin avec particulièrement une forte représentation de pomélos à cette période dans les vergers.

### **Emergence et identification de Tephritidae issues des collectes de différentes espèces fruitières cultivées**

Le cycle biologique des tephritidae inféodées aux fruits est généralement identique. En effet les œufs des mouches des fruits, une fois pondus dans les fruits hôtes éclosent 2 à 3 jours plus tard. Les larves issues de l'éclosion des œufs ont une vie larvaire pouvant aller d'une semaine à deux semaines pour se transformer enfin en pupes. A ce stade, en moyenne une dizaine de jours est nécessaire pour observer l'émergence des imagos. Les adultes émergés peuvent vivre jusqu'à trois mois voire plus (Vayssières *et al.*, 2008).

Les mangues immatures avortées par abscission sont le premier stade phénologique des mangues qui est infesté par les mouches des fruits. Les travaux de Vayssières *et al.* (2008) comme ceux de Diatta *et al.* (2013) sur les stades de développement des fruits les plus précoces à être attaqués confirment ces observations. En effet les petits fruits immatures ont permis le développement complet de *Ceratitis cosyra* comme de *Bactrocera dorsalis* durant les mois de février et mars, soit bien avant la campagne mangue.

A partir du mois d'avril au mois de juillet, un nombre important de mouches émerge des fruits à ce stade de maturité. Ces nombreuses émergences de mouches pourraient être responsables des fortes pullulations de populations observées au mois d'août. Ces pullulations pourraient être liées d'une part à la disponibilité en quantité et qualité des fruits hôtes, et d'autre part aux conditions environnementales plus favorables à la vie des mouches des fruits.

Par ailleurs à partir du mois de juin les infestations des mouches s'observent sur les mangues mures. Ces infestations se poursuivent jusqu'à la fin de la saison de production de la mangue. Il est aussi généralement remarqué qu'après le pic enregistré au mois d'août, il est aussitôt suivi d'une diminution rapide du niveau de population. Or pendant les mois de juillet à septembre, les mangues mures prédominent dans les vergers. A partir de cette disponibilité, elles devraient permettre de maintenir la population de mouches à un niveau assez élevé. Mais bien que les mangues mures soient préférées à celles immatures par les mouches, pendant cette période elles hébergent non seulement les larves des mouches des fruits mais aussi des larves des autres insectes. De plus dans les mangues mures infestées une forte mortalité est fréquemment observée. Cette mortalité pourrait être liée au phénomène physiologique (fermentation des sucres) des fruits, initié pendant leur pourrissement.

## **II.5. Conclusion**

Les fruits hôtes pouvant permettre un développement complet des mouches des fruits sont disponibles dans les vergers pendant toute l'année. Dans les vergers mixtes et irrigués des régions de Dakar et Thiès, les infestations des mouches des fruits essentiellement observés sur agrumes pendant la période sèche passent progressivement de ces hôtes aux mangues à mesure que la saison pluvieuse s'installe. Cette dynamique des infestations est observée inversement lors du passage de la saison pluvieuse à la saison sèche. De toutes les émergences de mouches des fruits issues des fruits infestés, les mangues immatures avortées par abscission représentent une gamme d'hôtes à partir de laquelle se développent les générations responsables des pics en période favorable.

## **Chapitre 3**

# **Fluctation des populations de mouches des fruits dans les régions de Dakar et Thiès**

## **CHAPITRE 3 : Fluctuation des populations de mouches des fruits dans les régions de Dakar et Thiès**

Comme il a été évoqué dans le chapitre précédent, l'espèce *Bactrocera dorsalis* est présente toute l'année dans les vergers. Elle se reproduit et maintient sa population en dehors de la période de maturité des mangues dans la zone Niayes, à partir des fruits comme l'anacarde, les agrumes et les mangues immatures avortées par abscission.

Le suivi pendant quatre années, de population de mouches des fruits par piègeage à l'aide de paraphéromone tient une place importante de ce travail de thèse. Il permet de mettre en relief les variations des fluctuations inter-saisonnières et inter-annuelles de *Bactrocera dorsalis*.

Ce chapitre est structuré en deux parties. Il présente les résultats d'études menées sur la fluctuation de la population de *B. dorsalis* pour caractériser les effets (i) de la typologie du verger et (ii) des pratiques des producteurs sur l'abondance de *B. dorsalis*.

## **I. Distribution spatio-temporelle et dynamique pluri-annuelle de la population de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae) dans les Niayes (Sénégal)**

### **I.1. Introduction**

*Bactrocera dorsalis* (Hendel) est l'un des principaux insectes responsables d'importantes pertes de production des fruits tropicaux et subtropicaux. Cette mouche des fruits a été enregistrée en 2003 pour la première fois au Kenya et à cette époque elle était décrite comme une nouvelle espèce invasive, *Bactrocera dorsalis* (Lux *et al.*, 2003 ; Drew *et al.*, 2005). La période et la voie d'introduction de *B. dorsalis* en Afrique ne sont pas encore connues avec précision (Khamis *et al.*, 2009 ; Vayssières *et al.*, 2011). Après sa détection au Kenya, l'insecte s'est rapidement propagé à travers l'Afrique et en 2005 il a été déjà signalé au Sénégal, Ghana, Togo, Bénin, Nigéria, Cameroun, Sudan, Uganda, et Tanzanie (Drew *et al.*, 2005). *Bactrocera dorsalis* est à présent détectée dans approximativement 40 pays d'Afrique. Elle est une espèce très polyphage, capable d'infester une gamme variée de plus de 300 fruits hôtes de plus de 40 familles de plantes incluant les fruits comme la mangue, les agrumes et beaucoup d'autres fruitiers cultivés et locaux. Aussi *B. dorsalis* est une espèce classée comme un organisme soumis à de sévères mesures de quarantaine par plusieurs pays (Zhang et Hou, 2005). Selon la région, elle peut avoir plusieurs générations dans l'année. Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent influencer la dynamique de population de *B. dorsalis*.

L'objectif de cette étude est de décrire la fluctuation de population en relation avec la composition des vergers, d'identifier les effets des pratiques des producteurs sur l'abondance de ces mouches des fruits et de déterminer comment les mouches se maintiennent dans les agro-écosystèmes en période défavorables.

### **I.2. Matériel et méthode**

#### **I.2.1. Zone d'étude**

Le suivi de la dynamique de population de *B. dorsalis* a été conduit dans 69 vergers répartis dans trois zones. Les vergers ont été choisis au sein de notre zone d'étude, dans les régions de Thiès et Dakar. Les observations préliminaires sur la structuration et la composition des vergers

ont montré qu'il existait différents types de vergers. A partir de ces informations sur la typologie des vergers, trois grandes zones écologiques ont été identifiées :

- Zone de Notto Gouye Diama : les vergers homogènes et monovariétaux
- Zone de Pout-Ndoyenne-Sébikotane : vergers mixtes à dominance d'agrumes ou à dominance de manguiers
- Zone de Thiès-Sindia : vergers mixtes à dominance de manguiers

Au sein de ces zones, les premiers critères de choix des plantations observées reposaient sur la disponibilité du propriétaire, l'accessibilité de la parcelle en toutes saisons, et la sécurité (éviter les risques de vols et dégradation des pièges et autres matériels). Ces conditions étant requises, nous avons ensuite cherché à obtenir une grande diversité des caractéristiques pour mettre en évidence l'influence des différents paramètres.

### **I.2.2. Collecte de données de suivi des populations de mouches des fruits**

Les populations de mouches des fruits présentes dans les vergers sont suivies par captures à l'aide d'attractifs sexuels et d'un insecticide. L'insecticide couplé à l'attractif est le DDVP (dichlorvos) en plaquette qui est largement utilisé dans le cadre du système attract-and-kill et qui n'interfère pas avec les attractifs (Vargas *et al.*, 2009). Ces attractifs sont des pseudo-phéromones proches de celles émises par les mouches femelles. Elles n'attirent donc que les mâles et par le nombre de mâles capturés, le piégeage permet d'estimer la population de mouches présente dans l'agrosystème. Il est admis par les spécialistes qu'un nombre de piège inférieur ou égal à 3 à l'hectare n'influence pas les populations de mouches présentes dans les parcelles étudiées.

Le méthyl eugénol (ME) est l'attractif sexuel utilisé pour le suivi des fluctuations de *Bactrocera dorsalis* dans les 69 vergers. Selon la taille du verger, au moins trois (03) pièges par verger étaient mis en place.

Le suivi de la fluctuation inter-annuelle et inter-saisonnière de la population de *B. dorsalis* a été réalisé dans les sites de Notto Gouye Diama, Thiès, Pout, Sébikotane-Ndoyenne et Keur-Moussa avec cent quatre-vingt seize (196) pièges mis en place. La période de suivi de population était comprise entre janvier 2011 et décembre 2014.

Pendant ce suivi, les relevés des pièges étaient effectués chaque semaine. Ainsi à l'issue de chaque relevé, il était procédé d'abord à l'identification des insectes capturés et ensuite à leur comptage.



**Figure 24:** Piège de mouches des fruits placé dans un verger et attirant les mâles de *B. dorsalis*

### **I.2.3. Analyse des données**

Les données ont été traitées avec Microsoft Excel et le logiciel R pour la description de la dynamique des populations de mouches des fruits. De même, des tests de comparaison de moyenne ont été effectués par des analyses de variances. Ils portaient essentiellement sur les captures de mouches des fruits en fonction des années et en fonction des périodes favorables et défavorables.

Les mouches par piège et par jour est un indice de population qui estime le nombre moyen de mouches capturées dans un piège et en jour que le piège est exposé dans le champ. La fonction de cet indice de population est d'avoir une mesure relative de la taille de la population de mouches des fruits dans l'espace et dans le temps.

La formule de la fonction est :  $F.T.D. = F/TxD$

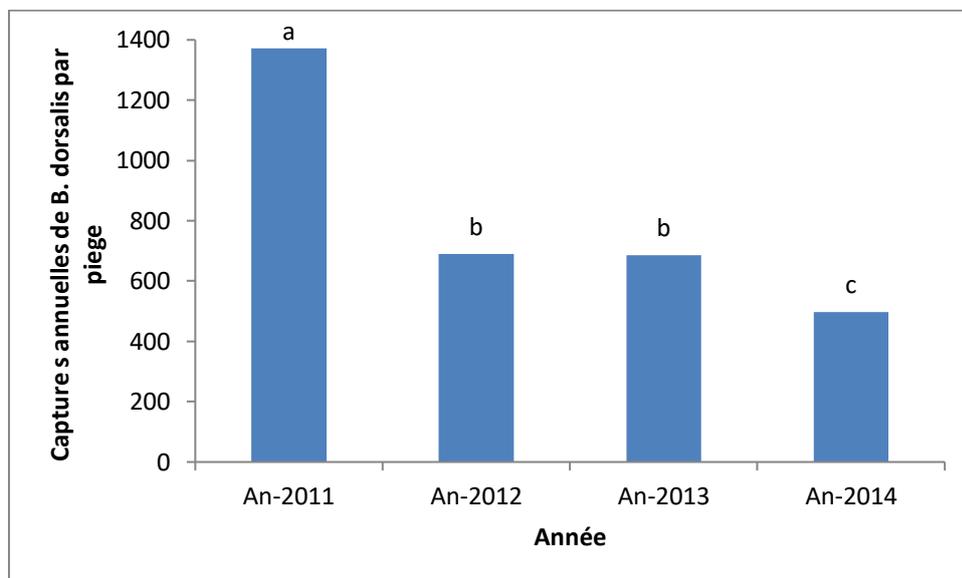
F= Nombre total de mouches des fruits

T=Nombre de pièges

D=Nombre moyen de jours où les pièges sont exposés au champ

### I.3. Résultats

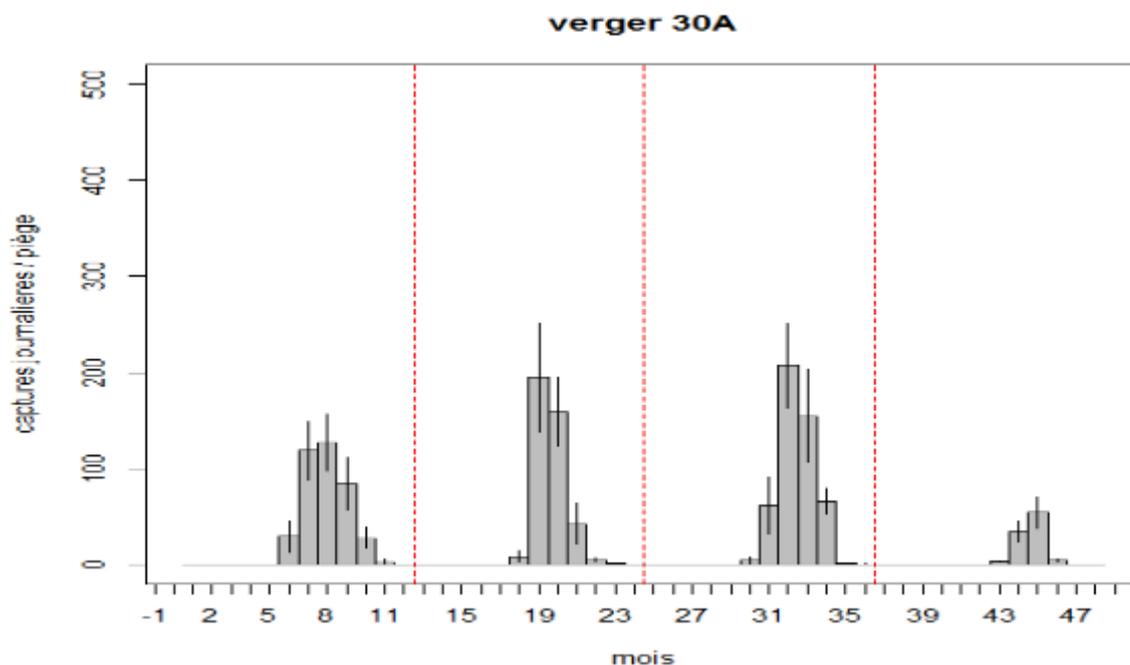
#### I.3.1. Fluctuation de population de *B. dorsalis* d'une année à une autre



**Figure 25:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014, dans les régions de Thiès et Dakar

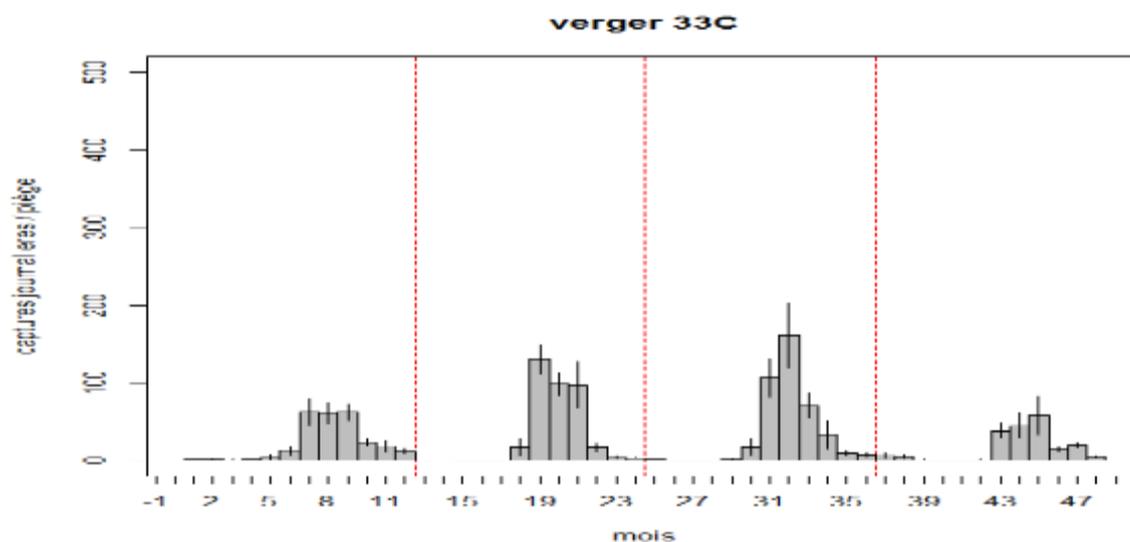
Les captures annuelles de *Bactrocera dorsalis* et par piège sont représentées dans cette figure 25. Ces captures sont beaucoup plus importantes à l'année 2011 que les autres années de suivi. En revanche en 2014 les plus faibles captures de mouches des fruits sur les quatre années de suivi ont été observées.

### I.3.2. Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* dans la zone de Notto Gouye Diama



**Figure 26:** Fluctuation de population *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger monovariétal de manguiers à Notto Gouye Diama (Thiès)

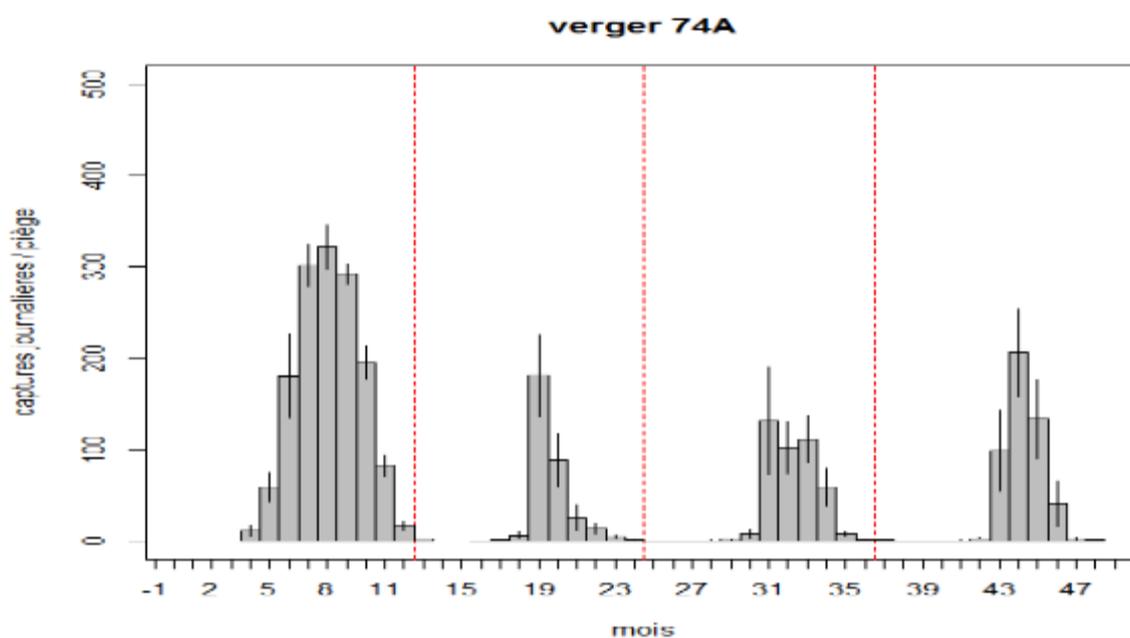
Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années d'étude et dans un verger monovariétal de manguiers à Notto Gouye Diama sont représentées dans la figure 26. Pendant les trois premières années, les captures significatives de mouches ont été observées à partir de juin à septembre. Quant à l'année 2014, les enregistrements des mouches ont été notés que juillet à août. Les premières captures remarquables sont généralement enregistrées à partir de juin. A partir de ce mois elles augmentent rapidement pour atteindre leur pic au mois d'août. Dans l'année il est observé un seul pic de captures, de même les pics de captures sont relativement observés au même mois au cours des quatre années de suivi. Après le pic, les captures baissent aussi rapidement. Entre octobre et capture de mouches n'est enregistrée.



**Figure 27:** Fluctuation de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger d'agrumes à Notto Gouye Diama (Thiès)

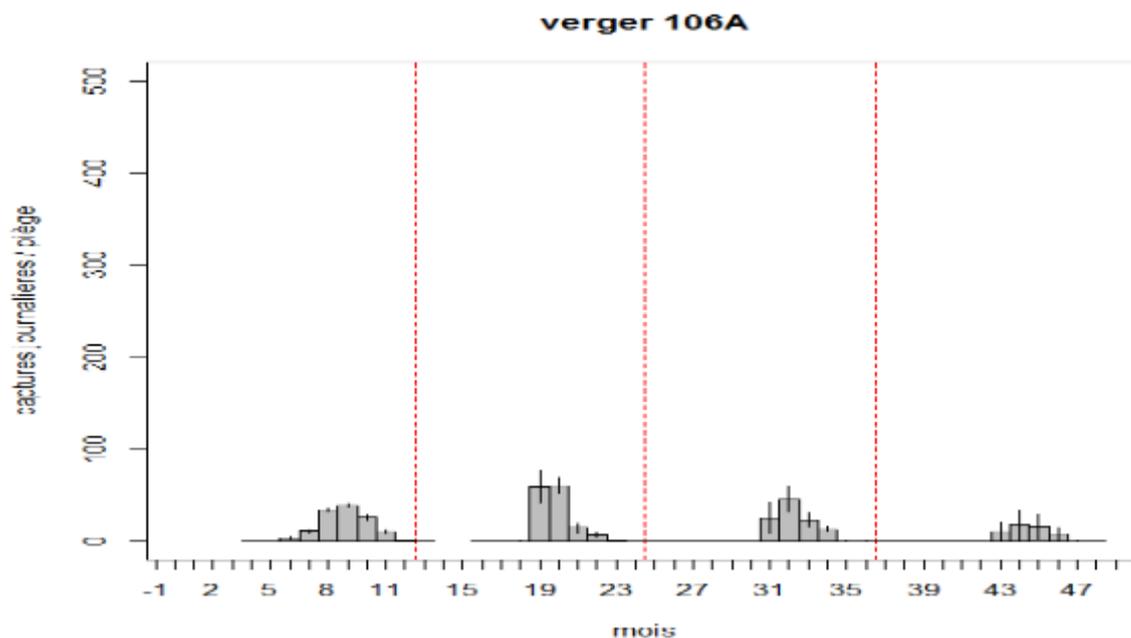
Les captures journalières de *B dorsalis* par piège de quatre années de suivi dans un verger pur d'agrumes sont représentées dans la figure 27. Des captures significatives sont visibles à partir de juin à février. De l'enregistrement des premières captures observées à partir de juin, le pic est aussitôt observé dans les deux mois qui suivent, de plus pour chacune des années, un seul pic est enregistré. Delà une baisse progressive des captures est observée jusqu'à février. Pendant la période couvrant les mois de mars à mai, des captures significatives au sein de ce type de vergers ne sont pas enregistrées.

### I.3.3. Fluctuation de population de *B. dorsalis* à Thiès-Sindia (zone "chaude")



**Figure 28:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger pluri-variétal de manguiers situé autour de la ville de Thiès

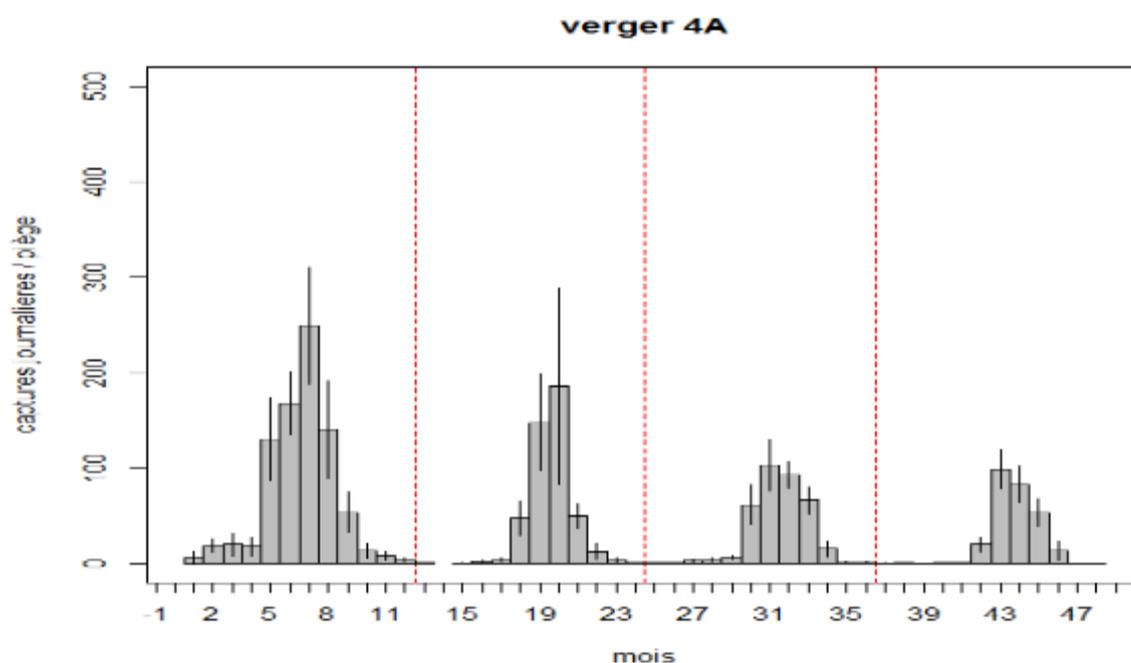
Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années de suivi dans un verger pluri-variétal de manguiers sont représentées dans la figure 28. Les captures significatives de mouches des fruits sont remarquées de juin à novembre. Les pics sont observés un à deux mois plus tard après les premières captures importantes. Dans l'année, un seul pic est enregistré. Ce pic est généralement suivi d'une baisse rapide des captures. Entre le mois de janvier et celui de mai les captures enregistrées sont très faibles voire nulles.



**Figure 29:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger plurivariétal de manguiers situé autour de la ville de Thiès

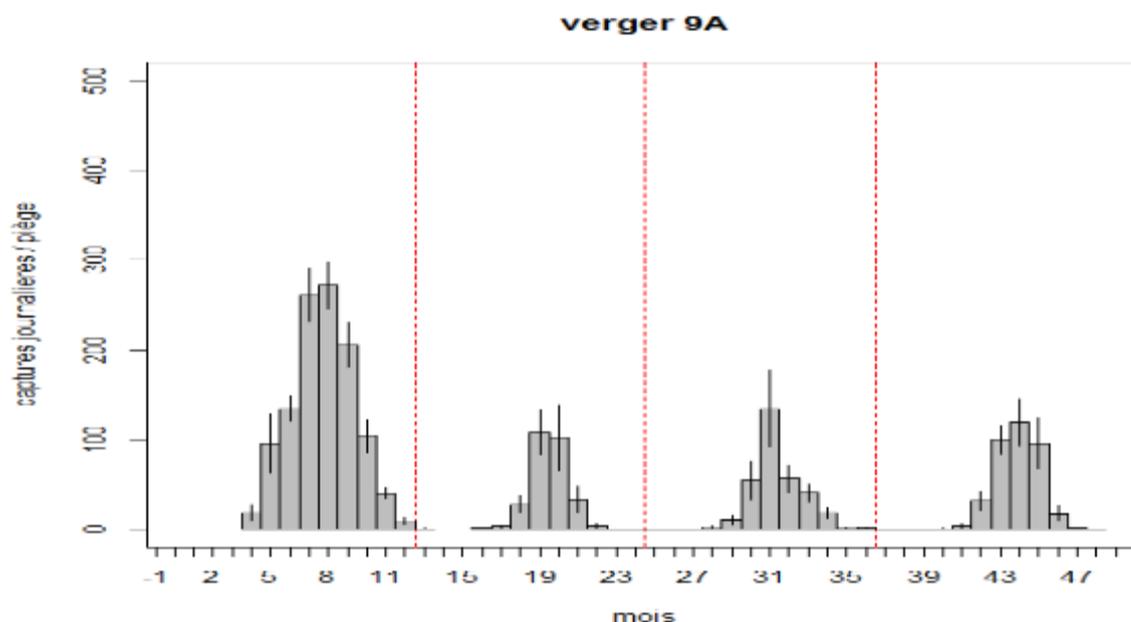
Dans les vergers pluri-variétaux de manguiers se trouvant dans la zone de Thiès, les captures journalières de *B. dorsalis* par piège au cours des quatre années de suivi sont enregistrées dans la figure 29. L'enregistrement de captures significatives de mouches est observé globalement de juillet à octobre. Un seul pic de capture est enregistré par année et relativement au même mois. Dans les deux mois qui suivent le pic, une baisse rapide des captures est notée. Entre novembre et juin les captures par piège sont très faibles voire nulles.

### I.3.4. Fluctuation de population *B. dorsalis* dans la zone de Pout-Ndoyenne-Sébikotane



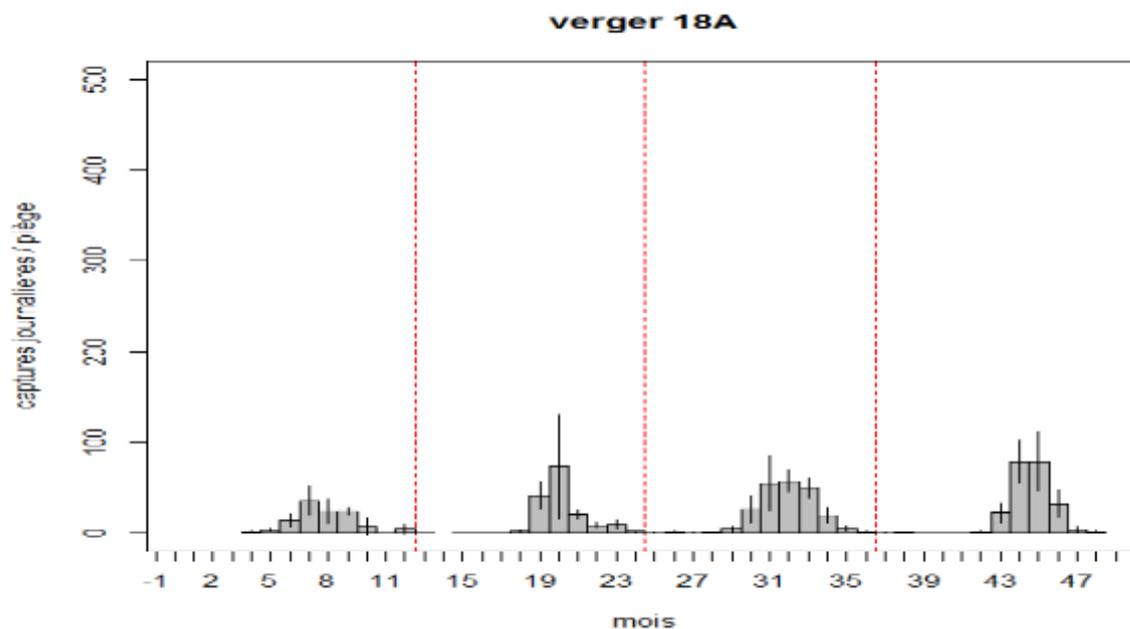
**Figure 30:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger mixte (plusieurs variétés de manguiers et plusieurs espèces d'agrumes) à Pout (Thiès)

Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années de suivi dans un verger mixte (plusieurs variétés de manguiers et plusieurs espèces d'agrumes) sont représentées dans la figure 30. Entre le mois de juin et celui d'octobre des captures significatives de mouches sont observées. Les pics de captures sont relativement enregistrés au même mois de l'année. De plus un seul pic est noté à l'issue de chaque année de suivi. De novembre à mai bien que les niveaux de captures journalières soient très faibles, un petit nombre de *B. dorsalis* est toujours relevé au niveau des pièges placés dans ce type de verger.



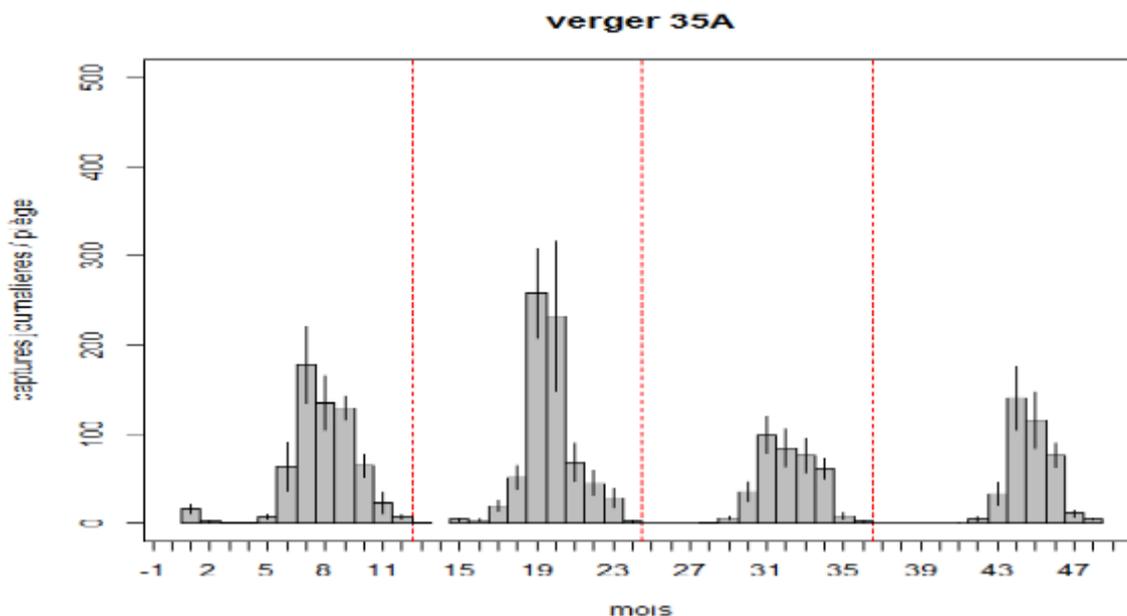
**Figure 31:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger pluri variétal de manguiers à Pout (Thiès)

Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années de suivi au sein d'un verger pluri variétaux de manguiers (regroupent les variétés précoces, semi-précoces, saison et tardives) à Pout sont représentées dans la figure 31. Elles sont fortement remarquées de mai à octobre, ainsi au mois de mai déjà les premières captures sont enregistrées déjà. A chaque année de suivi un seul pic est observé. Il est relativement enregistré à la même période de l'année. De novembre à avril les captures journalières de *B. dorsalis* par piège sont occasionnelles voire nulles.



**Figure 32:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger mixte (agrumes et manguiers avec une dominance des agrumes) à Ndoyenne (Sébikotane-Dakar)

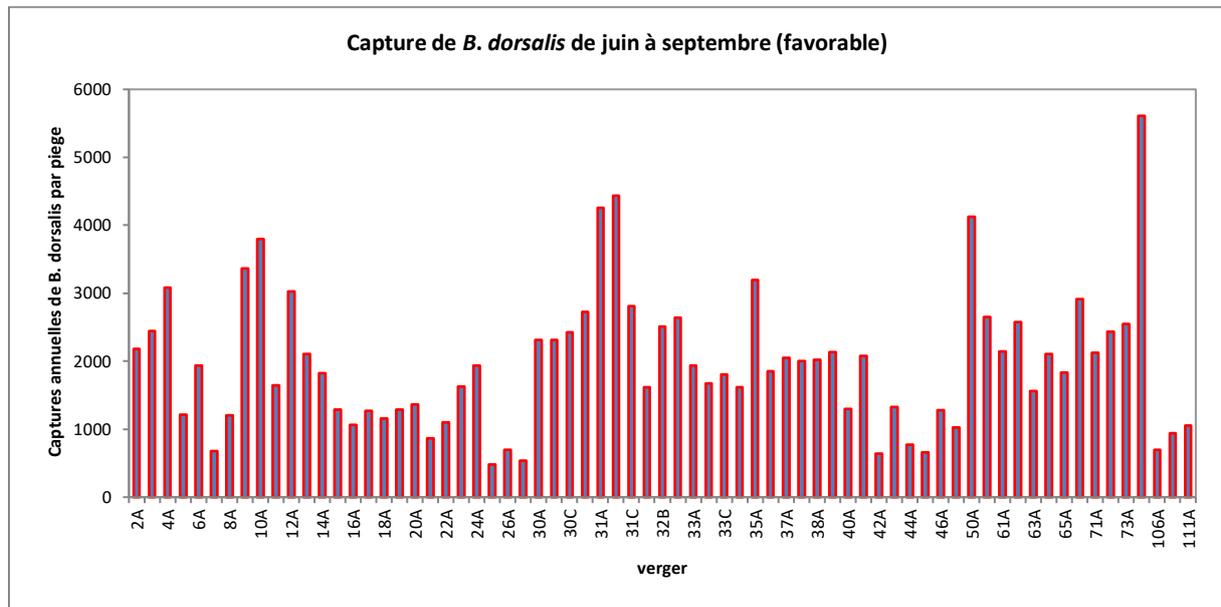
Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années de suivi, au sein d'un verger mixte à dominance d'agrumes sont représentées dans la figure 32. Pendant la période de mai à décembre, les captures journalières enregistrées par piège deviennent progressivement remarquables et importantes. Les pics de captures sont observés relativement à la même période de l'année. De même un seul pic de capture journalière de mouches des fruits est enregistré au courant de l'année. De janvier à avril correspond à une période de l'année où les captures journalières par piège sont faibles.



**Figure 33:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 dans un verger mixte à Keur-Moussa (Thiès)

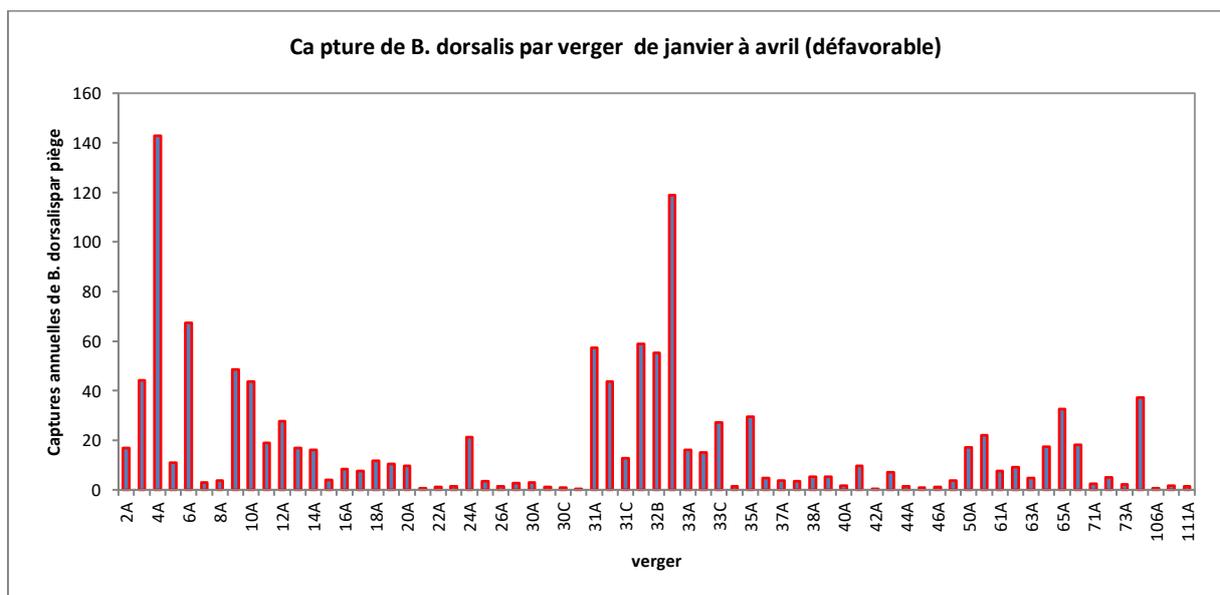
Les captures journalières de *B. dorsalis* par piège de quatre années de suivi au sein d'un verger mixte sont représentées dans la figure 33. Les premières captures plus ou moins importantes sont observées à partir du mois de mai jusqu'au mois de décembre. A partir de ces premiers enregistrements, les captures par piège deviennent de plus en plus importantes pour atteindre leur pic relativement à la même période. Pour la période allant du mois de janvier à celui d'avril, les niveaux de captures par piège sont très faibles voire nuls par moment.

### I.3.5. Abondance de mouches des fruits dans les vergers aux périodes favorables et défavorables



**Figure 34:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 à partir de juin à septembre (période favorable) dans 69 vergers (Thiès et Dakar), (ddl=68 ; F=4,679 ; P=0,0001)

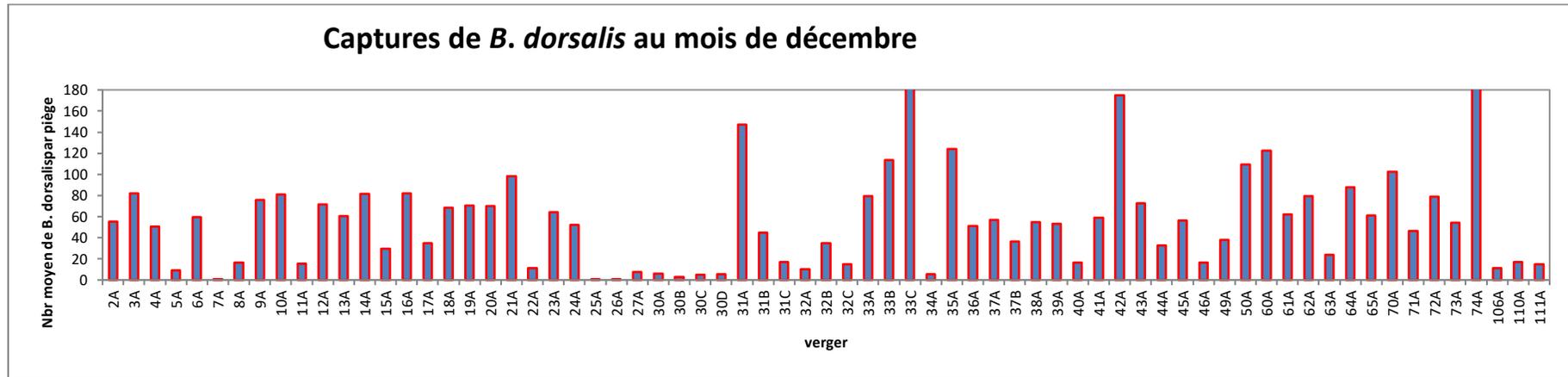
Les captures annuelles de *B. dorsalis* par piège sur une période allant de juin à septembre (période correspondante aux fortes pullulations des mouches) en fonction des vergers suivis pendant quatre années sont représentées dans la figure 34. Elles sont significativement plus abondantes dans certains types de vergers comme le 74A. En revanche dans le verger 25A les captures annuelles les plus faibles ont été observées.



**Figure 35:** Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* de 2011 à 2014 à partir de

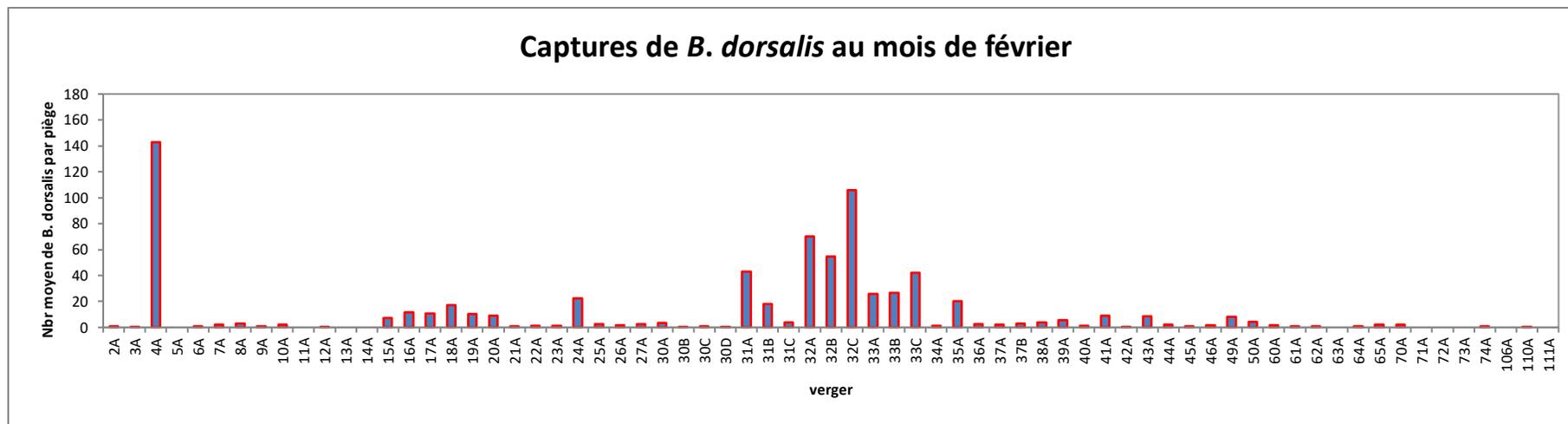
janvier à avril (période défavorable) dans 69 vergers (Thiès et Dakar) (ddl=68 ; F=2,630 ; P=0,0001)

La figure 35 représente les captures annuelles de *B. dorsalis* en fonction des vergers pendant la période défavorable (janvier à avril). Pendant la période allant du mois de janvier à celui d'avril, dans de nombreux vergers les captures annuelles enregistrées par pièges sont pour la plupart supérieures ou égales à dix individus. Au même moment beaucoup d'autres vergers se caractérisent par des captures annuelles par piège très faibles.



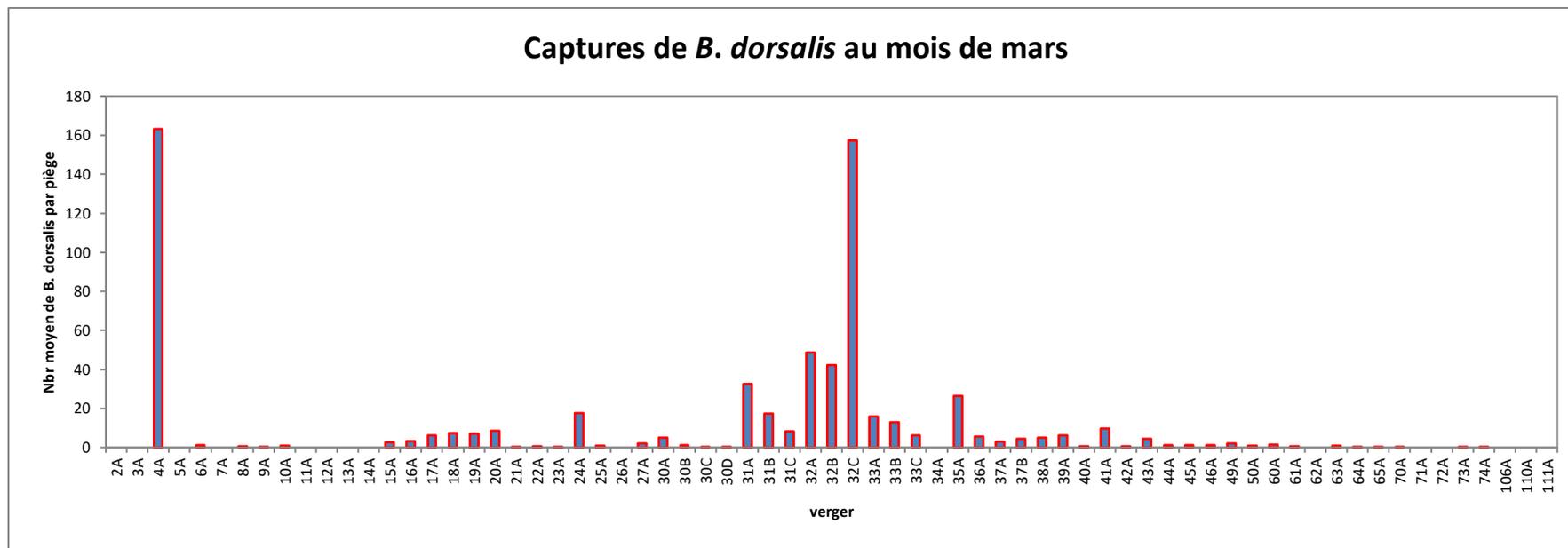
**Figure 36:** Niveau de population de *Bactrocera dorsalis* pendant le mois de décembre dans 69 vergers (Thiès et Dakar), (ddl=68 ; F=0,904 ; P=0,681)

La figure 36 représente les captures de *B. dorsalis* par piège au mois de décembre en fonction des vergers. Au mois de décembre, dans plus de 50 % des vergers, les niveaux de captures par piège s'élèvent à plus 20 de *B. dorsalis* (ddl=68 ; F=0,904 ; P=0,681). Les autres vergers ont des niveaux de captures très faibles voire nuls.



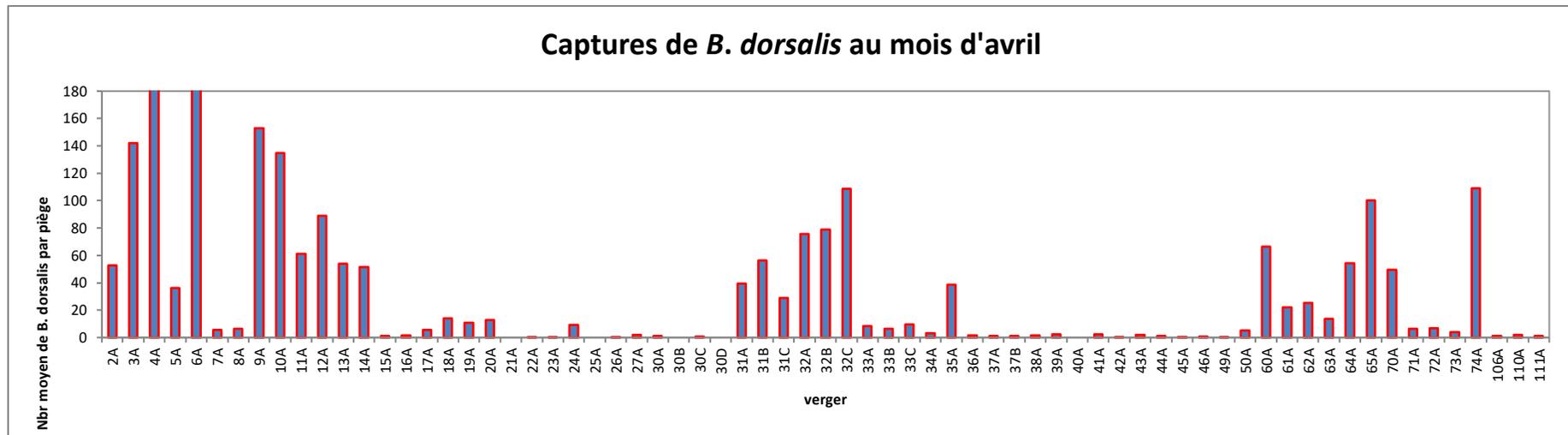
**Figure 37:** Niveau de population de *Bactrocera dorsalis* pendant le mois de février dans 69 vergers (Thiès et Dakar) (ddl=68 ; F=0,991 ; P=0,507)

La figure 37 représente les captures de *B. dorsalis* par piège au mois de février en fonction des vergers. Au mois de février, dans de nombreux vergers les niveaux de captures par piège sont très faibles voire nuls (ddl=68 ; F=0,991 ; P=0,507). En revanche les niveaux de captures par piège s’élèvent à un peu plus 5 de *B. dorsalis*, ne sont observés que dans quelques vergers.



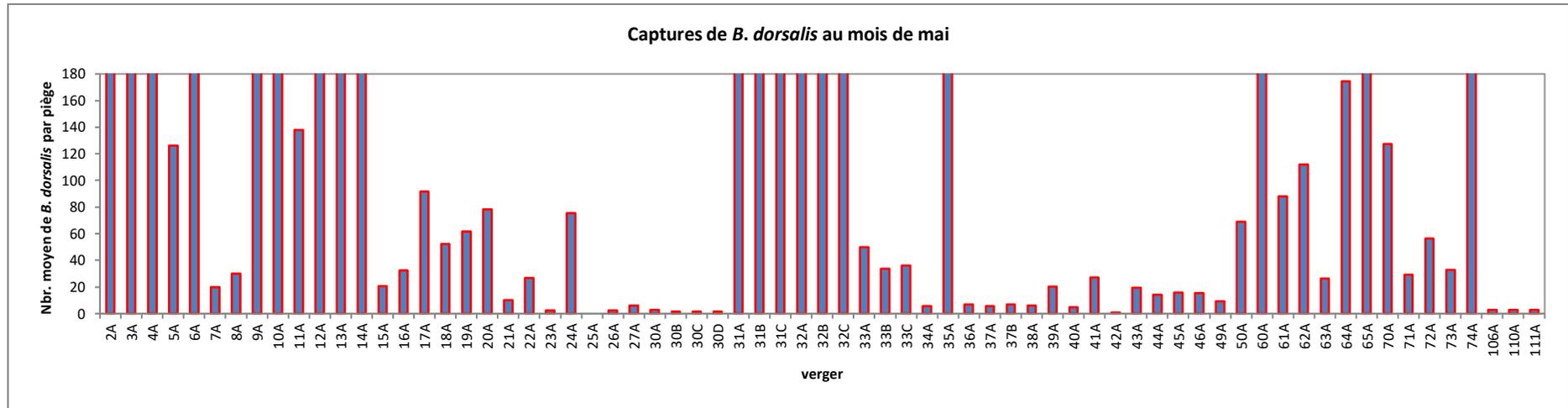
**Figure 38:** Niveau de population de *Bactrocera dorsalis* pendant le mois de mars dans 69 vergers (Thiès et Dakar), (ddl=68 ; F=1,027 ; P=0,438)

La figure 38 représente les captures de *B. dorsalis* par piège au mois de mars en fonction des vergers. Au mois de mars tout comme qu'en février, dans de nombreux vergers les niveaux de captures par piège sont très faibles voire nuls (ddl=68 ; F=1,027 ; P=0,438). En revanche les niveaux de captures par piège qui s'élèvent à un peu plus 5 de *B. dorsalis*, ne sont observés que dans quelques vergers.



**Figure 39:** Niveau de population de *Bactrocera dorsalis* pendant le mois d’avril dans 69 vergers (Thiès et Dakar) (ddl=68 ; F=1,138 ; P=0,244)

La figure 39 représente les captures de *B. dorsalis* par piège au mois d’avril en fonction des vergers. Dans de nombreux vergers les niveaux de captures par piège sont encore très faibles voire nuls (ddl=68 ; F=1,138 ; P=0,244). En revanche les niveaux de captures par piège de plus en plus élevés *B. dorsalis* sont observés dans une proportion plus ou moins importante de vergers.



**Figure 40:** Niveau de population de *Bactrocera dorsalis* pendant le mois de mai dans 69 vergers (Thiès et Dakar), (ddl=68 ; F=1,549 ; P=0,01)

La figure 40 représente les captures de *B. dorsalis* par piège au mois de mai en fonction des vergers. Dès le mois de mai, les captures de *B. dorsalis* sont observées déjà dans tous les vergers suivis (ddl=68 ; F=1,549 ; P=0,01). En plus, dans de nombreux vergers plus de 100 *B. dorsalis* par piège sont relevés pendant ce mois.

#### **I.4. Discussion**

Hurtado *et al.* (1995) considèrent qu'il faut un minimum de trois à quatre années de données de population qui pourrait être analysé pour obtenir une représentation adéquate de la fluctuation de population de mouches des fruits dans une localité donnée, spécialement si d'une année à une autre la fluctuation est variable.

Les données sur la population de mouches des fruits proviennent de relevés de pièges placés dans 69 vergers répartis dans les régions de Thiès et Dakar. La discussion se focalise sur le rôle des variables : zone, composition des vergers en espèces, période et les saisons.

#### **Fluctuation de population de *B. dorsalis* d'une année à une autre**

Les premières études sur la fluctuation de population *Bactrocera dorsalis* dans la région des Niayes ont été effectuées par Ndiaye *et al.*, 2008. Ces études couvraient seulement la saison de production de mangue allant du mois de Juin à octobre pendant laquelle cette espèce de mouches était très abondante. En revanche notre étude qui s'est étalé sur quatre années successives a permis d'observer une fluctuation de population similaire durant toute la période d'étude. Mais il faut noter que les populations de mouches ont considérablement diminué de l'année 2011 à celle 2014. Cette diminution pourrait être probablement liée à une très grande variabilité des conditions environnementales favorables à la vie des mouches des fruits d'une année à une autre. En effet la diminution et l'augmentation des populations des mouches des fruits peuvent être associées aux fluctuations annuelles du climat, la fluctuation des populations d'insectes en dépende largement.

#### **Fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* dans la zone de Notto Gouye Diama (Zone "fraîche")**

Dans la zone de Notto Gouye Diama, le suivi des populations de mouches a été effectué dans des vergers constitués essentiellement d'une seule espèce fruitière. Ainsi deux principaux types de vergers sont distingués. Il s'agit d'abord d'un premier type de vergers constitués de manguiers avec la Kent comme la variété de mangue prédominante quant au second type de vergers, il est composé d'agrumes (mandarine, orange ou pomélo). Dans les vergers de manguiers les populations de mouches sont très importantes à partir du mois de juin au mois de septembre, les autres mois de l'année les captures sont nulles ou très proche de zéro. Dans les vergers d'agrumes, les captures de mouches sont enregistrées du mois de juin au mois de

février. Par contre pour la période de mars à mai, les captures de mouches par piège sont égales à zéro ou très proche de zéro. Suivant les années les pics de captures de mouches dans ces vergers sont enregistrés généralement soit en juillet ou août. Ils correspondent non seulement à la saison pluvieuse mais à la maturité des mangues. Ils sont également plus élevés dans les vergers de manguiers que dans ceux des agrumes. Dans ces derniers en revanche la distribution des mouches dans le temps est plus étalée. Ces différences pourraient être expliquées à la disponibilité des fruits pour l'alimentation et la ponte d'une part et au phénomène de migration d'un verger à un autre d'autre part. En effet les mangues et les agrumes arrivent à maturité à des périodes différentes. Ainsi la maturité des mangues correspond à la période de juin à septembre. Cette période est immédiatement suivie pour celle des agrumes qui peut s'étaler jusqu'en début mars.

De plus généralement les mouches des fruits montrent une diversité de motifs de mouvements quotidiens entre les hôtes et la végétation environnante. Quand les plantes hôtes sont abondantes dans les agro-écosystèmes, les mouches des fruits tendent à réduire leurs mouvements aux vols de prospection pour la recherche de la nourriture, de l'eau et des sites de pontes (Bateman, 1972). Elles peuvent se disperser quand les fruits convenables deviennent rares en fin de la saison (Economopoulos *et al.*, 1978 ; Fletcher et Kapatos, 1981).

Par ailleurs les captures de plus en plus importantes observées pourraient provenir des mouches qui se sont multipliés à partir des fruits en croissance qui sont très abondants à partir du mois de mars au mois de juin.

### **Fluctuation de population de *B. dorsalis* à Thiès-Sindia**

Dans la zone de Thiès-Sindia, le suivi de la fluctuation de populations de mouches a été effectué dans des vergers constitués essentiellement d'une seule espèce fruitière. Ainsi un seul type de vergers prédomine dans cette zone. Il s'agit surtout de type de vergers constitués essentiellement de plusieurs variétés de manguiers (précoces, semi-précoces, saison et tardive). La hauteur des arbres, la couverture du sol par la couronne des arbres, le taux de mortalité des arbres sont les caractéristiques qui permettent de distinguer deux groupes au sein de ce type de vergers. Dans le groupe avec des manguiers de grande taille dont les couronnes assurent une bonne couverture du sol et un faible taux de mortalité des pieds de manguiers des captures importantes de mouches sont observées entre juin et novembre. Dans l'autre groupe par contre elles sont enregistrées du mois de juin à celui de septembre. Pour les deux groupes les pics sont atteints selon les années soit au mois juillet soit au mois d'août. Ils atteignent des niveaux de captures plus élevés dans un groupe que l'autre. Ces différences de niveaux de population

pourraient être expliquées par les caractéristiques de ce type de vergers. En effet plus il y a dans le verger, dans manguiers de grande taille qui offrent une bonne couverture par leur couronne, plus ces caractéristiques environnementales semblent favoriser un important développement des populations de mouches des fruits. De plus, les fortes pullulations de mouches correspondent à la période de production et de maturité des mangues. Elles sont plus étalées dans les vergers où la production est disponible sur une longue période de l'année.

### **Fluctuation de population *B. dorsalis* dans la zone de Pout-Ndoyenne-Sébikotane**

A Pout-Ndoyenne-Sébikotane, le suivi de la fluctuation de populations de mouches a été effectué dans des vergers constitués de plusieurs espèces fruitières. Ainsi au moins trois types de vergers peuvent être distingués dans cette zone. Il s'agit de type de vergers :

- Mixte avec plusieurs variétés de manguiers et d'espèces d'agrumes
- Mixte à dominance d'agrumes
- Manguiers essentiellement avec plusieurs variétés (précoces, semi-précoces, saison et tardive).

Pour au moins les trois types de vergers, la pullulation des mouches est observée pendant la saison pluvieuse. Cette saison correspond aussi à la période de production et de maturité des mangues. Ainsi dans les vergers mixtes comme ceux essentiellement constitués de manguiers, les premières captures importantes sont observées à partir du mois de mai. Les pics de captures sont généralement enregistrés soit au mois de juillet, soit au mois d'août. Le niveau des pics sont variables en fonction de l'année et du type de verger. Il est plus élevé dans les vergers mixtes à dominance de manguiers que dans ceux mixtes à dominance d'agrumes. Une distribution très étalée des captures dans le temps est l'une des caractéristiques communes aux vergers de cette zone. Cet étalement de la distribution des populations de mouches des fruits pourrait être lié à la forte diversité des variétés de manguiers et des espèces d'agrumes. Cette diversité assure une disponibilité quasi-permanente des fruits hôtes au courant de l'année, qui sont non seulement une source d'alimentation mais aussi des sites de ponte pour les mouches des fruits.

### **Types de vergers où se maintient la population de *Bactrocera dorsalis* aux mois de faible pullulation de l'année.**

De juin à septembre la présence de population *B. dorsalis* est observée dans tous les vergers suivis. Cette période correspond à la saison pluvieuse et aussi celle de production et de maturité

des mangues. Par ailleurs les captures de mouches les plus faibles pendant l'année sont enregistrées au mois de janvier à celui d'avril. Pendant cette période le niveau maximum des pics dans les vergers est généralement en dessous de 100 mouches par piège. Ainsi décembre est le dernier mois de l'année pendant lequel dans la quasi-totalité des vergers, les mouches sont présentes bien que les niveaux de population soient très faibles. Les vergers où est maintenue la population de *B. dorsalis* pendant les mois de février et mars aux pullulations les plus faibles de l'année, sont des vergers d'agrumes ou des vergers mixtes à dominance d'agrumes. En effet en février et en mars, la production fruitière est essentiellement dominée par celle des agrumes. Ce qui expliquerait la présence des mouches dans ces vergers.

### **I.5. Conclusion**

A l'issue du suivi de la fluctuation de population de *B. dorsalis* dans les vergers des régions de Dakar et Thiès pendant quatre années successives, un seul pic de captures est enregistré généralement en août. La saison pluvieuse coïncide avec l'abondance de *B. dorsalis* alors qu'en saison sèche elle est quasiment absente sur plusieurs mois. Dans les vergers monovariétaux de manguiers comme ceux pluri variétaux, les pics de captures de mouches sont élevés. Ils le sont moins dans les vergers d'agrumes ou les vergers mixtes à dominance d'agrumes où les captures de mouches de fruits sont étalées sur un nombre de mois plus important. En période défavorable (saison sèche=octobre à mai) *B. dorsalis* survit, se maintient et se reproduit dans les vergers d'agrumes ou mixtes à dominance d'agrumes irrigués.

## II. Influence des facteurs des agrosystèmes et des pratiques des producteurs sur l'abondance de *B. dorsalis*

### II.1. Introduction

La protection des cultures a longtemps reposé sur une seule base agrochimique. Ainsi les problèmes rencontrés selon ce type de protection deviennent de plus en plus fréquents et aigus : inefficacité dans bon nombre de situations, résistance des bioagresseurs aux pesticides, pollutions des sols et des nappes phréatiques, risques pour la santé humaine, érosion de la biodiversité. L'enjeu est de passer de cette démarche curative à l'aide de traitements chimiques à une démarche préventive des infestations d'insectes ravageurs, basée sur un fonctionnement écologique plus équilibré et durable des agrosystèmes. Cette approche s'appuie sur une protection agro-écologique des cultures. Par la connaissance des relations entre la fluctuation des populations de mouches des fruits et la composition comme la structuration des espèces fruitières au sein des agro-écosystèmes ; la question de gestion de bioagresseur, en particulier exotique pourrait être mieux traitée. C'est dans cet objectif que s'inscrit cette étude pour identifier les facteurs de l'environnement qui influence l'abondance de l'espèce *Bactrocera dorsalis*.

### II.2. Matériel et méthodes

#### II.2.1. Zone d'étude

La zone des Niayes est une bande côtière qui s'étend de Dakar à Saint Louis sur 5 à 30 km de large et 200 km de long. Elle abrite la grande majorité des vergers des régions de Dakar et Thiès et a un climat de type subcanarien caractérisé par l'alizé maritime. La saison pluvieuse très courte (3 à 4 mois) procède de l'influence de la mousson. La zone des Niayes bénéficie d'un microclimat assez particulier avec une saison froide de 3 à 6 mois qui coïncide avec la saison sèche où prédominent les alizés. Les températures moyennes minimales sont enregistrées durant les mois de janvier et février quant à celles maximales, elles sont observées durant les mois d'août à octobre.

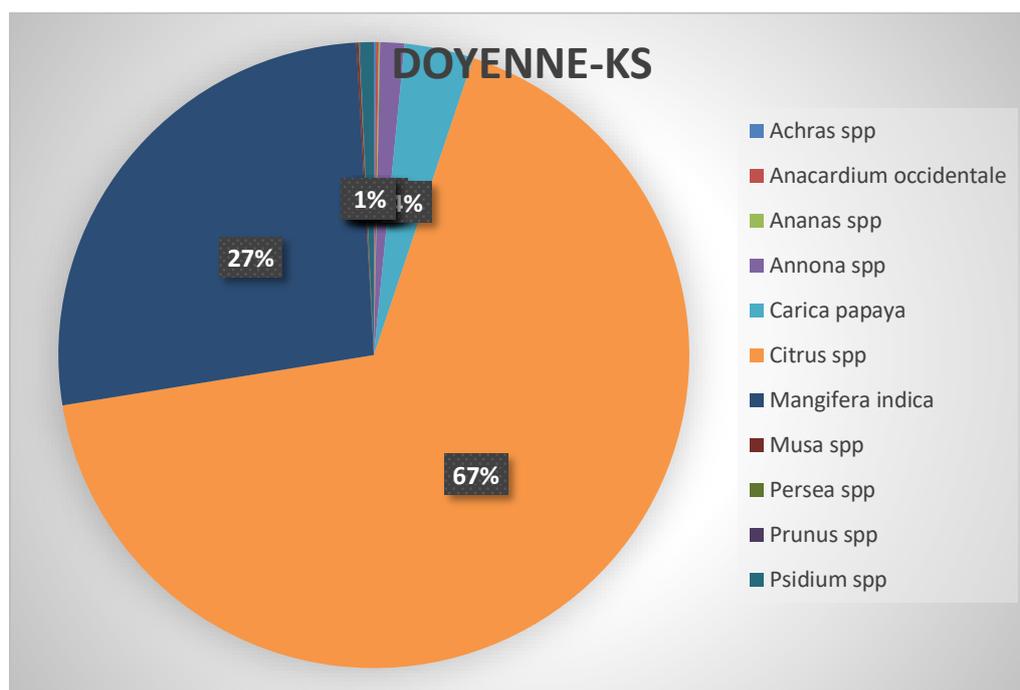
La végétation est représentée d'une part par la strate herbacée et d'autre part, dans les systèmes de dunes rouges ogoliennes, dominant les espèces ligneuses comme *Parinari macrophylla*, *Acacia albida*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca* plus présentes dans la

partie septentrionale de la zone des Niayes. Les strates arbustives et herbacées sont essentiellement composées d'Euphorbiacées (*Euphorbia balsamifera*), de Combretacées (*Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*,) et de graminées saisonnières (*Cenchrus biflorus*, *Andropogon sp*).

### II.2.2 Approche de caractérisation des agrosystèmes à base de manguiers dans les Niayes

La caractérisation des agro-écosystèmes à base de manguiers s'est faite en plusieurs étapes qui sont entre autres le choix des vergers, la caractérisation proprement dite et les enquêtes sur les pratiques des producteurs (Gréchi et al. 2103). Trois principales zones correspondant à des agro-écosystèmes différents avaient été retenues :

- ✓ Pout-Ndoyenne-Sébikotane : Cette zone abrite généralement de petits vergers de manguiers, de manguiers et agrumes (mandarine et pomélo) ou d'agrumes dont la production est commercialisée essentiellement localement (sur les lieux mêmes ou à Dakar)



**Figure 41:** Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Ndoyenne\_Sébikotane\_Keur-Moussa



Figure 42: Verger mixte d'agrumes et de manguier à Ndoyenne

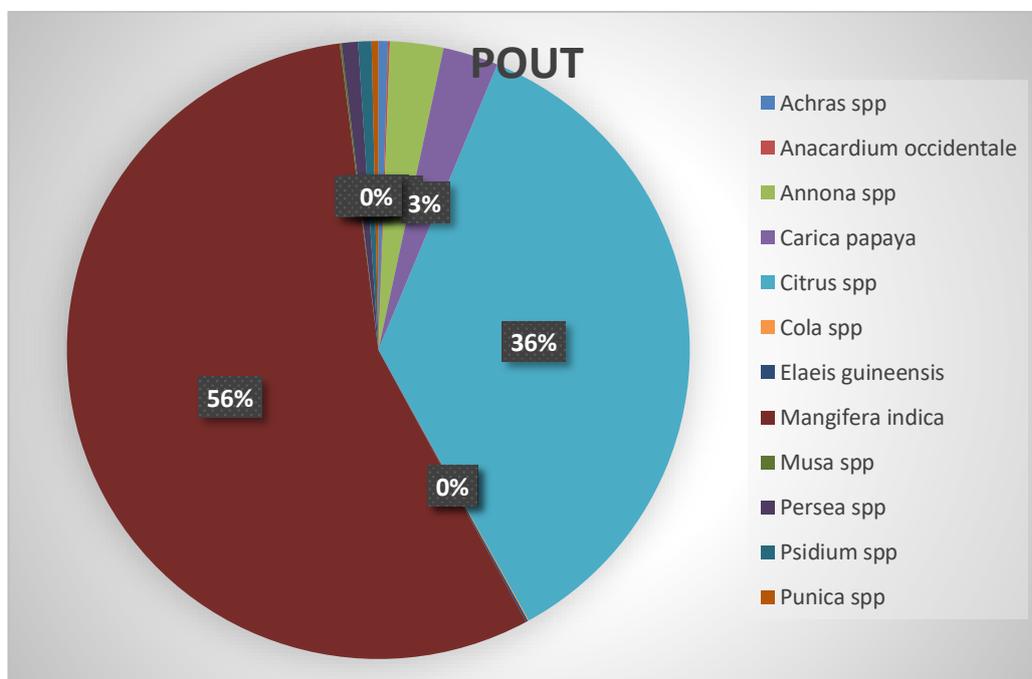
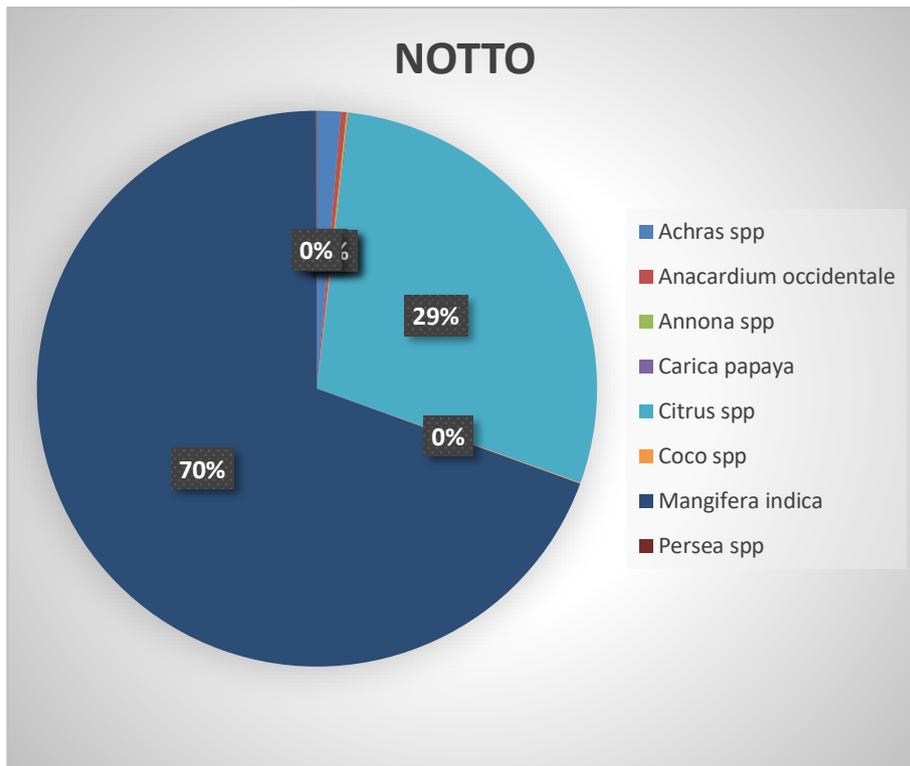


Figure 43: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Pout



**Figure 44:** Verger mixte de manguier et d'agrumes à Pout

- ✓ Notto Gouye Diama où les vergers de manguiers des variétés Kent et/ou Keitt orientés vers l'exportation sont prédominants ; Thiès-Sindia est une zone où les vergers de manguiers sont caractérisés par une grande diversité variétale et dont la production est commercialisée localement



**Figure 45:** Composition et représentation des espèces fruitières cultivées à Notto Gouye Diama



**Figure 46:** Verger monovariétal de manguiers à Notto Gouye Diama

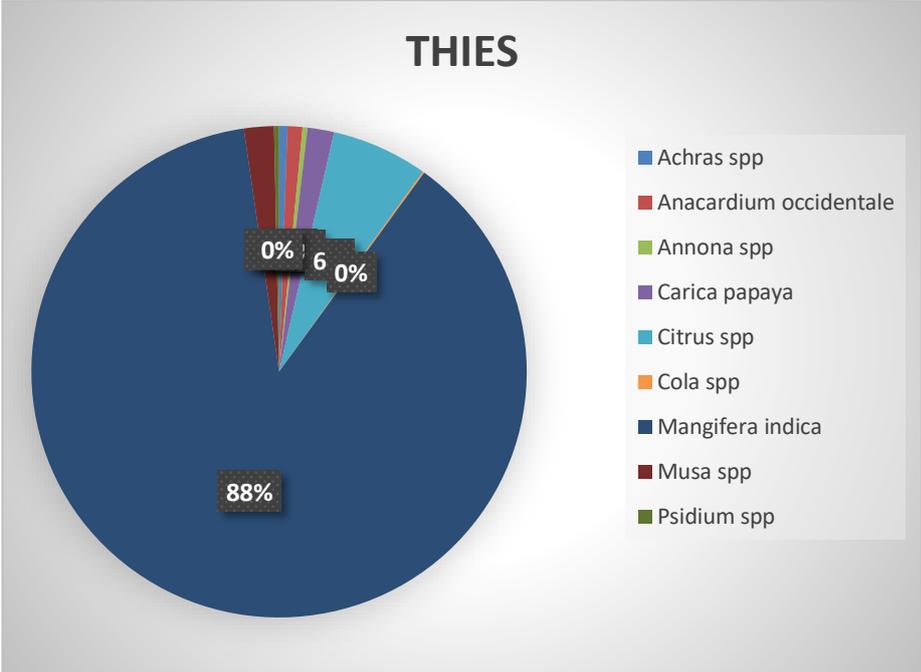


Figure 47: Composition et représentation des espèces fruitières cultivées Thiès



**Figure 48:** Verger à dominance de manguiers à Thiès

Les observations météo préliminaires ont montré qu'il existait différents microclimats au sein de la zone d'étude :

- ✓ Zone "fraîche" : Notto Gouye Diama
- ✓ Zone "intermédiaire" : Pout-Ndoyenne-Sébikotane
- ✓ Zone "chaude" : Thiès-sindia

Au sein de ces zones, les premiers critères de choix des plantations observées reposaient sur la disponibilité du propriétaire, l'accessibilité de la parcelle en toutes saisons, et la sécurité (éviter les risques de vols et dégradation des pièges et autres matériels). Ces conditions étant requises, une grande diversité des caractéristiques pour mettre en évidence l'influence des différents paramètres a été recherchée.

Dans le cas de petits vergers (moins de 2 ou 3 hectares), l'agro-système de base correspond au verger entier. Dans les grands vergers, l'unité de travail est la parcelle. Mais comme ces parcelles ont souvent une superficie de plusieurs hectares, un échantillon d'une centaine d'arbres a été pris en compte.

### II.2.3. Typologie des vergers basée sur leurs caractérisations et les pratiques des producteurs

Les vergers à base de manguiers au Sénégal se rencontrent sous une grande diversité de système de culture. Isabelle *et al* (2013) ont défini et caractérisé la typologie de ces systèmes sur la base d'une évaluation quantitative de leur conception, de leur gestion, de leur état végétatif et de la structure de leur haie. Quatre types de systèmes de culture ont été identifiés selon des modèles de conception de conception et de gestion du verger :

Type1 : vergers de manguiers diversifiés sans intrants

Type2 : vergers de manguiers à faible intrants

Types3 : Vergers à Citrus prédominants avec un niveau intermédiaire d'intrants

Types4 : grands vergers de manguiers ou de Citrus prédominants avec niveau intermédiaire d'intrants

Les caractéristiques des vergers ont varié entre ces types de systèmes. Par exemple, la végétation était dense et homogène dans le système 1. Le taux de mortalité des arbres était élevé dans le système 2 mais faible dans le système 3.

### II.2.4. Analyse statistique

- **Corrélation de Pearson entre l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* et certaines composantes du verger**

Les données obtenues par suivi des populations de mouches des fruits ont permis de calculer l'abondance relative de l'espèce *Bactrocera dorsalis* par verger. Ainsi la compilation des données sur quatre années pour *B. dorsalis* a été réalisée dans le but de mieux les caractériser au sein de ces vergers suivis. Un test de corrélation de Pearson a été réalisé entre l'abondance de *B. dorsalis* et certains paramètres du verger : hauteur des arbres, densité des arbres, couverture du sol.

- **Test de Kruskal-Wallis**

Les données obtenues du suivi des populations de mouches des fruits ont permis de calculer l'abondance relative de l'espèce *Bactrocera dorsalis* par verger. Ainsi la compilation des données sur quatre années pour *B. dorsalis* a été réalisée dans le but de mieux les caractériser au sein de ces vergers. Les variations de l'abondance relative de *B. dorsalis* en fonction du type de verger ont été analysées par un test de Kruskal-Wallis. En effet, l'effet des

caractéristiques des vergers sur l'abondance de *B. dorsalis* a été évalué à partir des variables : Types de verger, irrigation, fertilisation, entretien du sol, récolte sanitaire.

## II.3. Résultats

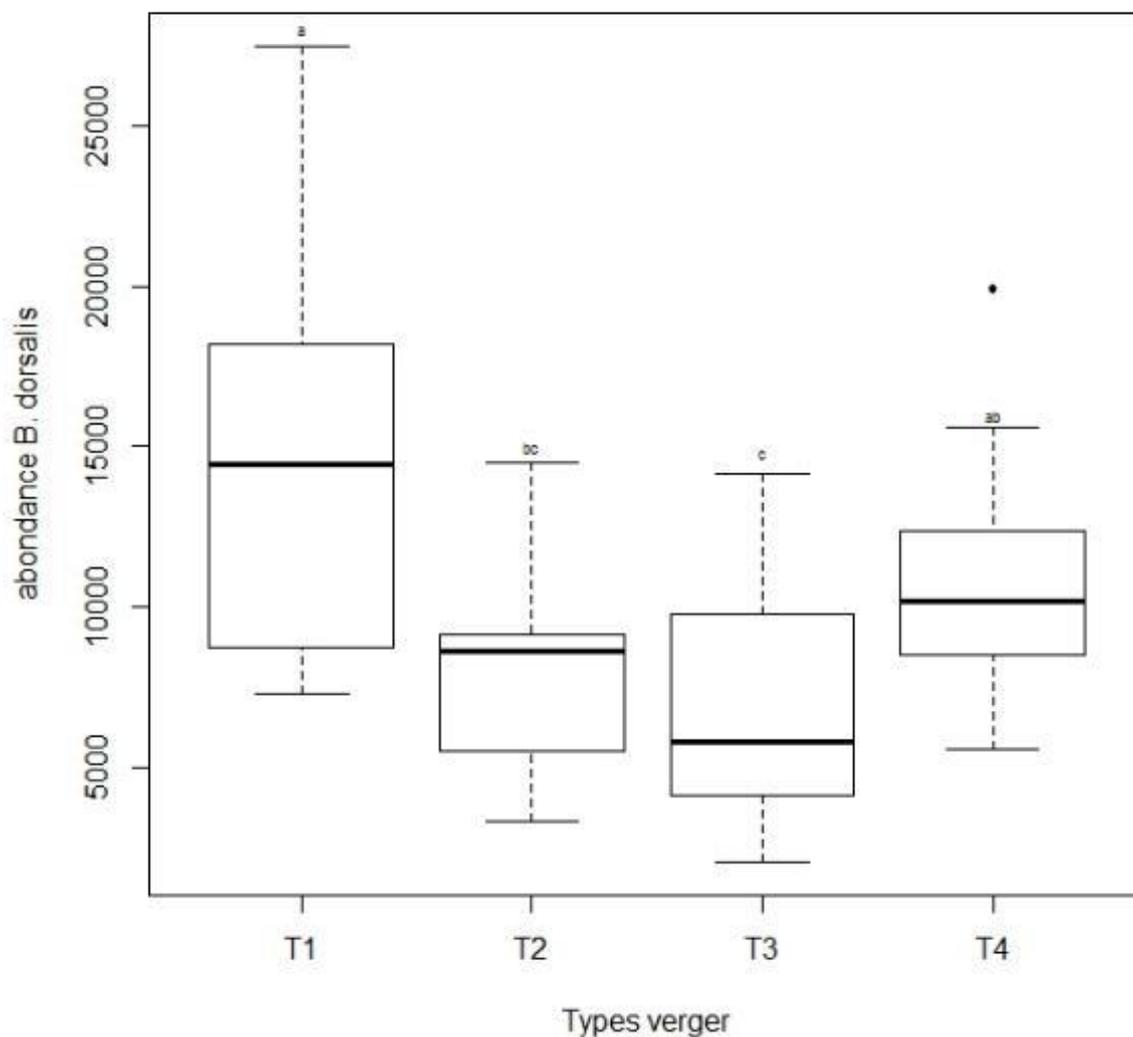
### II.3.1. Influence de certains paramètres physiques du verger sur l'abondance des mouches des fruits

L'analyse de corrélation de Pearson est représentée dans le tableau ci-dessus. Il existe une corrélation positive entre l'abondance de *B. dorsalis* et le pourcentage de manguiers dans le verger, l'indice de richesse végétale, la hauteur des arbres dans le verger tout comme leur couverture du sol par leurs couronnes. Entre le pourcentage d'agrumes dans le verger, la densité des arbres et l'abondance de *B. dorsalis* la corrélation est négative.

**Tableau 8:** Corrélation de Pearson entre l'abondance de *B. dorsalis* et les paramètres quantitatifs des vergers de Thiès et Dakar

Facteurs	Cor Pearson	df	p-value
Densite	-0.2543665	66	p<0,05
IndRV	0.2533752	67	p<0,05
Manguier	0.4631421	67	p<0,0001
Oranger	-0.5128196	67	p<0,0001
Pomelo	-0.3715254	67	p<0,001
Mandarinier	-0.01308804	67	p>0,05
Citronnier	-0.1751975	67	p>0,05
Papayer	-0.1738627	67	p>0,05
Goyavier	-0.1105432	67	p>0,05
FrDivers	0.03920954	67	p>0,05
Hauteur	0.411941	67	p<0,0001
CouvSol	0.3863106	67	p<0,001

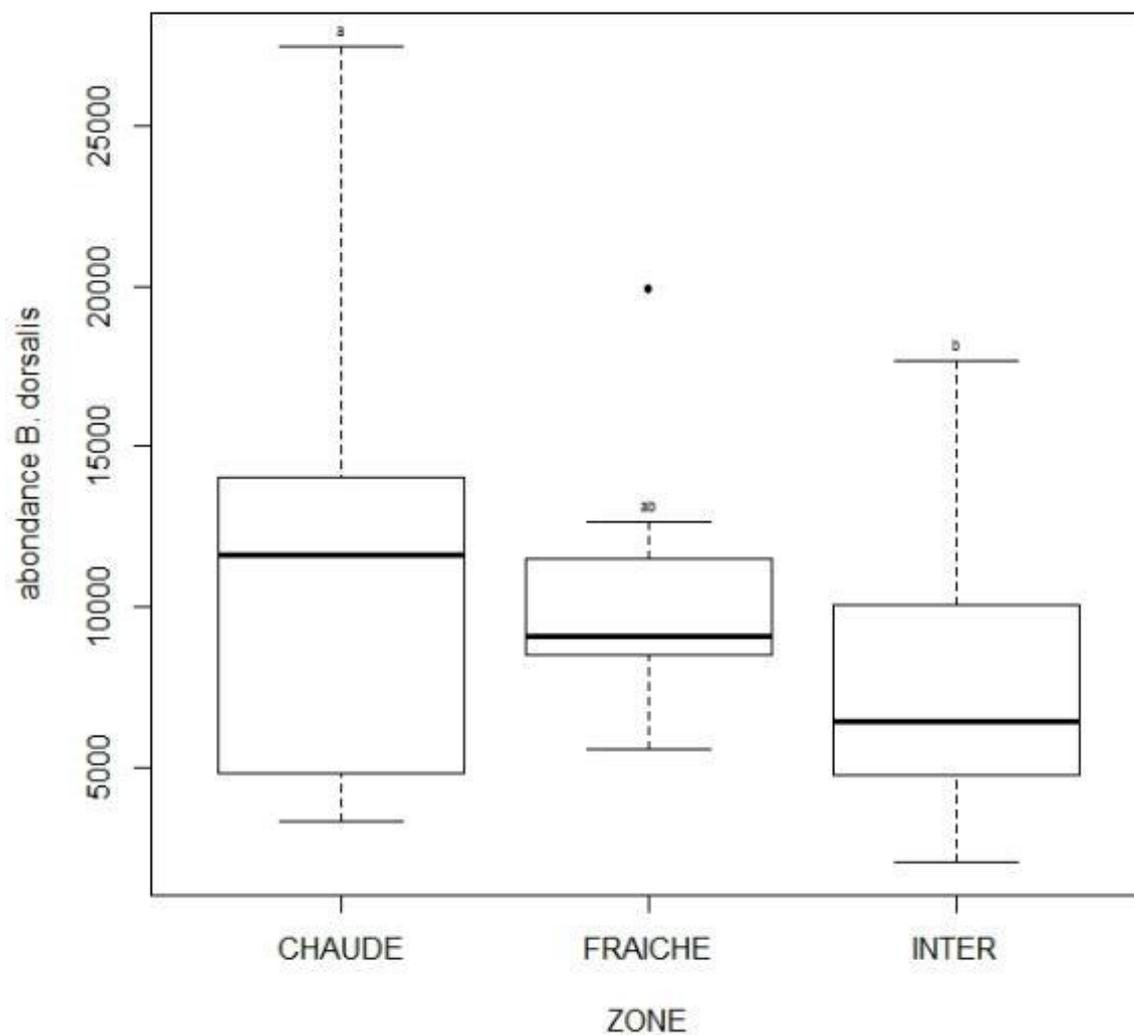
### III.2. Influence de la typologie du verger sur l'abondance des mouches des fruits



**Figure 49:** Effet du type de verger sur l'abondance de *B. dorsalis*

L'abondance de *B. dorsalis* en fonction des types de vergers des régions de Thiès et de Dakar est représentée dans la figure 49. Dans les vergers de types 1 (vergers diversifiés de manguiers sans intrants) l'espèce *B. dorsalis* y est plus abondante que dans les autres vergers de type 2 et 3 ( $p < 0,001$ ).

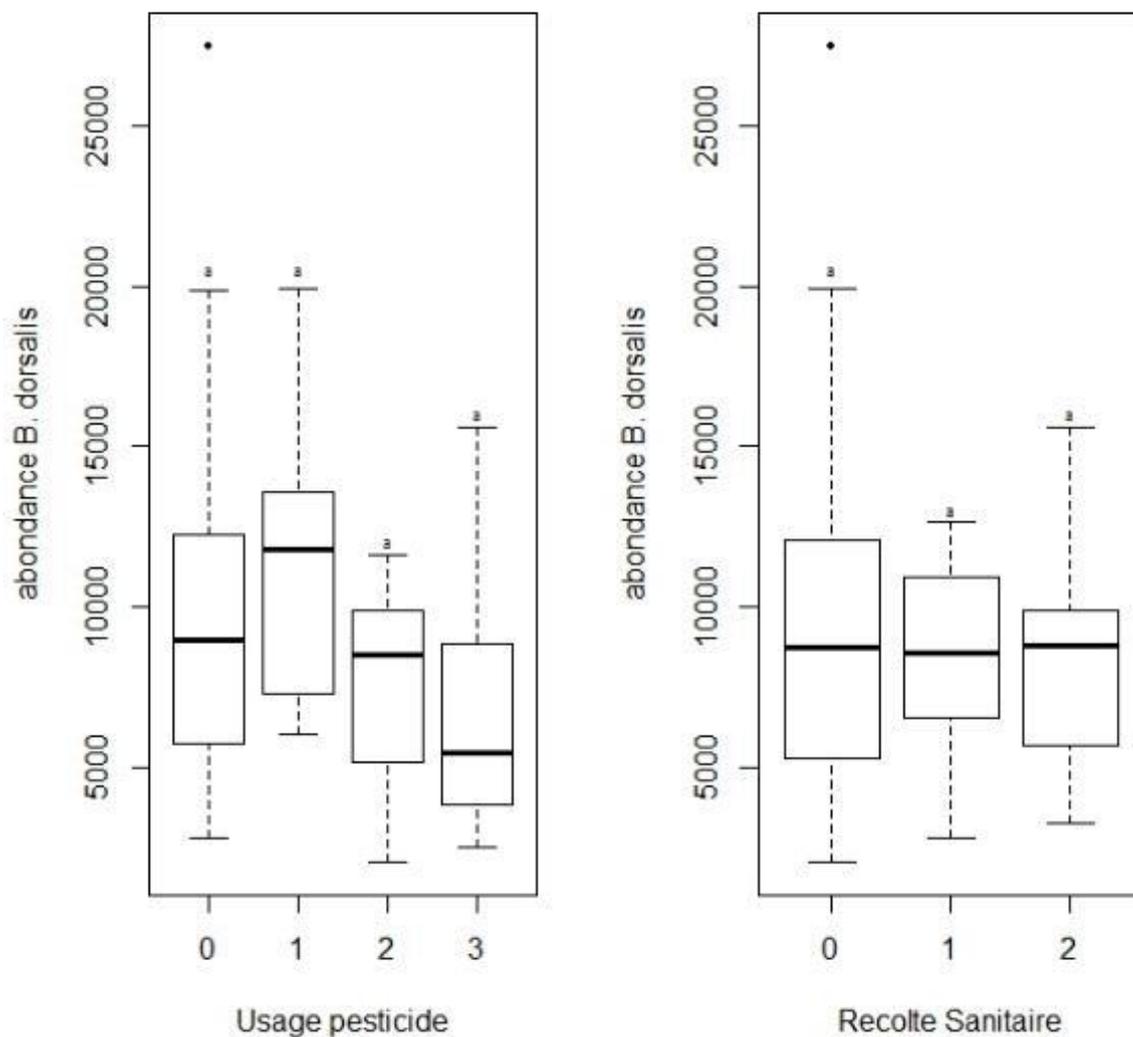
### II.3.3. Influence de la zone agro-écologique sur l'abondance des mouches des fruits



**Figure 50:** Effet de la zone sur l'abondance de *B. dorsalis*

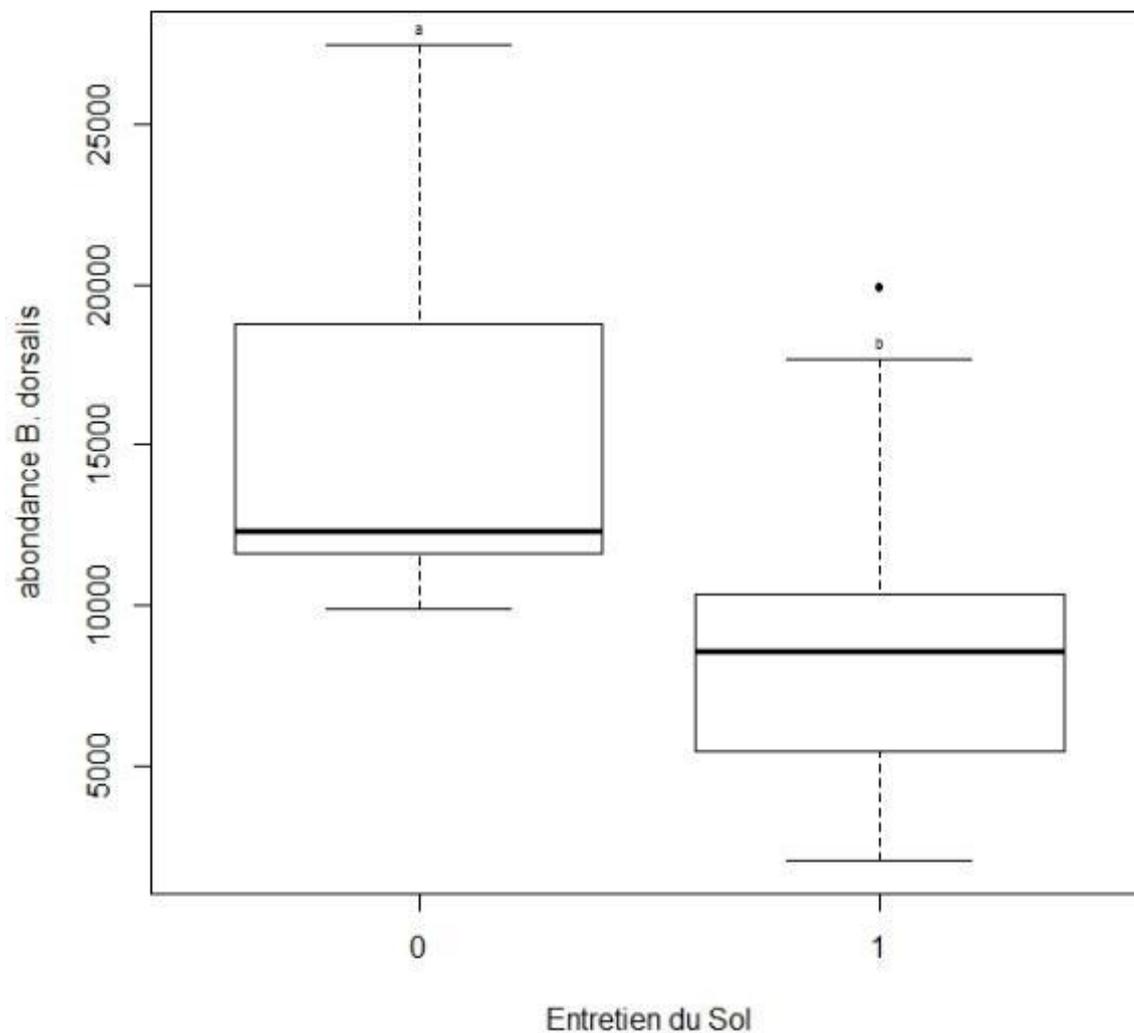
L'abondance de *B. dorsalis* en fonction de la zone est représentée dans la figure 50. *B. dorsalis* est plus abondante dans la zone chaude (Thiès-Sindia) que la zone intermédiaire (Pout-Ndoyenne-Sébikotane) ( $p < 0,001$ )

### II.3.4. Influence des pratiques des producteurs sur l'abondance des mouches des fruits



**Figure 51:** Influence de l'usage des pesticides et de la récolte sanitaire sur l'abondance des mouches des fruits

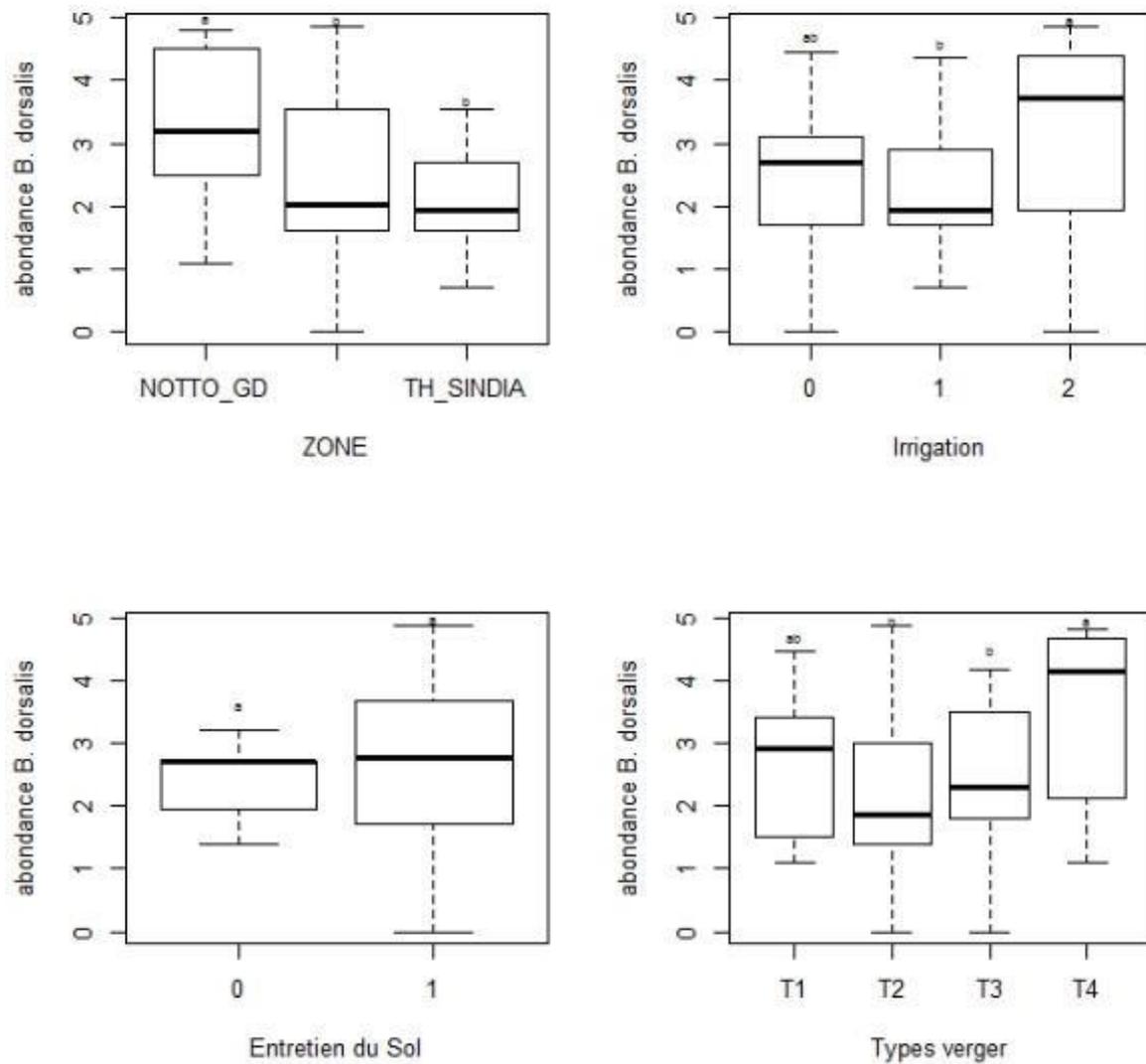
L'abondance de *B. dorsalis* en fonction des pratiques telles que l'usage des pesticides et la récolte sanitaire est représentée dans la figure 51. Dans les vergers où les producteurs ont souvent recours aux pesticides à certaines périodes de l'année pour lutter contre les mouches des fruits, tout comme les récoltes sanitaires, aucune différence des abondances de *B. dorsalis* n'est observée pour ces différentes pratiques.



**Figure 52:** Influence de l'entretien du sol dans les vergers sur l'abondance de *B. dorsalis*

L'abondance de *B. dorsalis* selon le type d'entretien de verger est représentée dans la figure 52. L'espèce *B. dorsalis* est plus abondante dans les vergers où l'entretien du sol n'est pas assuré que dans ceux qui sont entretenus régulièrement.

### II.3.5. Influence des paramètres qualitatifs sur l'abondance des mouches des fruits en période défavorable



**Figure 53:** Influence de l'entretien du sol, du type de verger, de la zone et de la fréquence des irrigations dans les vergers sur l'abondance de *B. dorsalis*

La figure 53 représente l'influence des paramètres qualitatifs des vergers sur l'abondance de *B. dorsalis* en période défavorable (mois de janvier à avril). Ainsi en cette période les mouches sont plus abondantes dans de nombreux vergers se situant à Notto Gouye Diama que ceux de Thiès-Sindia et de Pout-Ndoyenne. Il en est de même pour les vergers qui sont régulièrement

irrigués pendant la période défavorable où les mouches des fruits sont plus abondantes. De plus les vergers de type 4, c'est-à-dire la plupart des vergers monovariétaux, ceux composés d'agrumes en particulier, ont des abondances plus importantes en période défavorable. En revanche quelque soit l'entretien du sol opéré par le producteur, l'abondance des mouches des fruits est identique aussi bien dans un verger entretenu que dans celui non entretenu.

## II.4. Discussion

### **Influence de paramètres physiques du verger sur l'abondance des mouches des fruits**

Le pourcentage de manguiers dans le verger, l'indice de richesse végétale, la hauteur des arbres et la couverture du sol ont une corrélation positive avec l'abondance de *B. dorsalis*. En effet plus il y a des manguiers dans un verger avec une hauteur des arbres importante et une bonne couverture du sol et avec plusieurs variétés, plus les mouches des fruits y sont abondantes. De même les mouches sont abondantes dans les vergers quand il y a un faible taux d'agrumes et de faibles densités des arbres au sein du verger.

### **Influence de la typologie du verger sur l'abondance des mouches des fruits**

Dans les Thiès et Dakar quatre types de vergers sont distingués (Gréchi *et al.*, 2013). Les vergers avec diverses variétés de manguiers et sans intrants appartenant au type1 ont des abondances de mouches plus importantes que les autres types de vergers. En effet les vergers appartenant au type1 se distinguent des vergers des autres types, par une grande diversité variétale des manguiers, une hauteur des manguiers de plus de dix mètres et une bonne couverture du sol. Ainsi la diversité des variétés de manguiers (précoces, semi-précoces, saisons et tardives) assure une bonne disponibilité dans le temps des fruits hôtes. Quand à la taille élevée des manguiers et leur bonne couverture du sol, elle favoriserait la création de micro-climats particuliers qui peuvent servir de sites refuges face aux perturbations du vent, des rayons solaires et des prédateurs.

La dynamique des populations des mouches des fruits est soumise à plusieurs facteurs comme l'humidité, la température, la lumière, l'alimentation, la pression des ennemis naturels et les symbiotes (Bateman, 1972). Aussi pour Prokopy (1977), les plantes apportent refuge et protection aux Tephritidae quel que soit leur stade, vis-à-vis des agressions biotiques et abiotiques. Les adultes de mouches des fruits se reposent souvent dans le feuillage des plantes.

La valeur adaptative de ce comportement est une meilleure protection contre les insulations, le vent, les pertes en eau et les ennemis naturels.

### **Influence de la zone agro-écologique sur l'abondance des mouches des fruits**

Les mouches des fruits sont plus abondantes dans les vergers de la zone chaude (Thiès-Sindia) que dans les vergers des autres zones fraîche et intermédiaire. Plusieurs raisons peuvent expliquer la variabilité des abondances de *B. dorsalis* d'une zone à une autre. Dans la zone chaude les vergers appartiennent généralement au type 1. Le mouvement et la sélection de l'habitat sont des concepts fondamentaux en écologie. Deux structures d'habitat et la quantité de ressources disponibles dans l'habitat pourraient influencer différemment comment une espèce perçoit et répond à une situation particulière (Bélisle, 2005). La température est connue un des principaux facteurs qui influence l'abondance de *B. dorsalis* (Bateman, 1972) de même les plantes hôtes sont l'autre facteur important qui influence la dynamique de populations de *B. dorsalis*.

### **Influence des pratiques des producteurs sur l'abondance des mouches des fruits**

Entre les vergers où les producteurs recourent aux pesticides pour lutter contre les mouches des fruits comme ceux qui procèdent au ramassage des fruits d'une part, et les vergers qui ne sont pas entretenus, il n'y a pas de différence significative. Cette situation pourrait s'expliquer par le phénomène de réinfestation des vergers traités à partir des vergers voisins et non entretenus. Il se pourrait que le retour de populations s'explique également par les générations issues des autres stades du cycle biologique de la mouche qui n'ont pas affectés par le traitement aux pesticides. Aussi le ramassage irrégulier des fruits avortés par abscission peut également favoriser cette réinfestation.

## **II.5. Conclusion**

La composition végétale et la structuration des arbres au sein du verger ont une influence sur l'abondance des mouches des fruits. Cette abondance de mouches des fruits est plus importante dans les vergers de type 1 que dans les autres types de vergers. Le type 1 regroupe et correspond aux vergers à dominance de manguiers avec une grande diversité variétale. Dans ce type d'exploitation l'intervention du producteur se résume généralement à la récolte de la production.

Cette abondance est également plus importante dans la zone où les vergers de type 1 sont prédominants. Par ailleurs certaines pratiques des producteurs comme l'application de pesticides ou les récoltes sanitaires n'ont pas une influence significative sur l'abondance des mouches des fruits.

## **Conclusion générale et perspectives**

## Conclusion générale et perspectives

La sensibilité des fruits aux piqûres des mouches des fruits étudiée sur 17 variétés de manguiers, le kumquat et la mandarine commune au laboratoire, a permis d'observer un développement complet de *Bactrocera dorsalis* à partir de ces fruits à différents stades de développement. Cette espèce préfère pondre sur les fruits mûrs que ceux aux stades tournants et immatures. Parmi les variétés de manguiers et les espèces d'agrumes testés, seule la lime de tahiti n'a pas permis le développement complet de *B. dorsalis*.

Le suivi annuel des infestations des fruits a permis de vérifier la présence quasi-permanente de *B. dorsalis* dans les vergers. Elle se multiplie et se maintient sur les principales espèces fruitières cultivées : mangues, pomélo, mandarines et oranges. Ces dernières ont des cycles de production et des périodes de maturité étalées dans l'année. Cette situation assure une disponibilité en fruits hôtes pour cette mouche des fruits. A partir des mangues immatures et avortées par abscission qui représentent les hôtes prédominants à partir de mars à juin, les plus importants taux d'émergence de *B. dorsalis* sont enregistrés. Ces mangues hébergent les générations de mouches responsables des fortes populations observées au mois d'août. Des différentes espèces fruitières collectées, plusieurs espèces de mouches ont été identifiées à leur émergence dont deux principales : *Bactrocera dorsalis* et *Ceratitis cosyra*.

Le suivi pluriannuel de la fluctuation de population de *Bactrocera dorsalis* a permis d'observer un seul pic de captures de mouches des fruits dans l'année. Ces pics sont plus importants dans les vergers de manguiers (ou vergers à dominance de manguiers) que dans les verges d'agrumes (ou vergers mixtes à dominance d'agrumes). Dans les vergers d'agrumes ou les vergers mixtes à dominance d'agrumes la présence de population de mouches des fruits s'étale sur un nombre de mois plus élevé que dans les vergers de manguiers. Dans les régions de Dakar et de Thiès, pendant la saison sèche (période défavorable) *B. dorsalis* survit, se maintient et se reproduit dans les vergers d'agrumes ou mixtes irrigués à dominance d'agrumes. La remise à niveau des connaissances sur la fluctuation des populations de mouches des fruits était une nécessité. L'ensemble des résultats sur la dynamique des populations de mouches fruits dans les vergers suivie par piégeage ou par collecte des fruits montre que la gestion des populations ne peut être

## *Conclusion générale*

réglée par l'action d'un seul facteur. La combinaison de plusieurs techniques est pour l'heure l'une des meilleures options pour la gestion efficace et efficiente de ce ravageur.

La typologie des vergers et les pratiques des producteurs ont une influence sur l'abondance des mouches des fruits. Les vergers avec diverses variétés de manguiers qui sont de type 1 ont des abondances de mouches plus importantes. De même certaines pratiques des producteurs favorisent le maintien des mouches dans les agrosystèmes fruitiers. Cette étude apporte également de nouvelles connaissances sur la biologie de la mouche des fruits dans les régions de Dakar et de Thiès qui pourraient offrir une meilleure approche dans la gestion de l'espèce invasive. Elles fournissent de plus amples informations de la relation entre les mouches des fruits et leur milieu de vie.

Les résultats de ce travail de thèse constituent une étape importante dans la quête de connaissances sur la bio-écologie de l'espèce invasive *Bactrocera dorsalis* dans les agrosystèmes à base de fruitiers des Niayes (Sénégal). Ce travail pourrait être complété par l'étude d'une part des paramètres climatiques sur l'abondance des mouches des fruits et d'autre part par le suivi du mode dispersion de *Bactrocera dorsalis*. En effet pour la mise en œuvre d'un plan de lutte efficient contre ce bioagresseur, cette étude compte tenu des relations complexes entre *B. dorsalis* et son nouveau biotope devrait être élargie de la parcelle ou du verger à l'échelle du paysage.

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**Altner, G., Baggiolini, M., Celli, G., Scheider, F., et Steiner, H., 1977.** La protection intégrée, une technique d'appoint, conduisant à la production intégrée. *IOBC WPRS Bull. /Bull. OILB SROP*, 4: 118-129.

**Andow, D., 1991.** Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.*, 36: 561-585.

**Awada, M., Suehisa, R. H., and Kanehiro, Y., 1975.** Effects of lime and phosphorus on yield, growth, and petiole composition of papaya. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100 : 294-298.

**Bakry, F., Didier, C., Ganry, J., le Bellec, F., Lescot, T., Pinon, A., Rey, J. Y., Teisson, C., et Vannière, H., 2002.** Les espèces fruitières. In Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, et Ministère des affaires étrangères, 2002. Memento de l'agronome, CIRAD, Paris, 1691p

**Balagawi, S., Vijaysegaran, S., Drew, R. A. I., and Raghu, S., 2005.** Influence of fruit traits on oviposition preference and offspring performance of *Bactrocera tryoni* (Frogatt) (Diptera: Tephritidae) on three tomato (*Lycopersicon Lycopersicum*) cultivars. *Aust. J. Entomol.*, 44 : 97-103.

**Barbault, R., 1997.** Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. Masson, Paris, Collection Enseignement des Sciences de la Vie, 4<sup>e</sup> édition, 286 p.

**Bateman, M.A. 1968.,** Determinants of abundance in a population of the Queensland fruit fly. *Symposium of the Royal Entomological Society of London* 4 :119-31.

**Bateman, M. A., 1976.** Fruit flies. In: V. L. Deluchi [ed.] Studies in Biological Control Cambridge University Press pp. 11-49.

**Bateman, M. A., 1972.** The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* 17: 493-518.

**Belisle, M., 2005.** Measuring landscape connectivity: the challenge of behavioral landscape ecology. *Ecology* 86: 1988-1995.

**Billah, M. K., Kimani-Njogu, S.W., Wharton, R. A., Overholt, W. A., Wilson, D. D. and Cobblah, M. A., 2008.** Cross mating studies among five fruit fly parasitoid populations: potential biological control implications for tephritid pests. *BioControl*, 53 : 709–724.

**Brunel, S., et Petter, F., 2009.** Edito. La lutte régionale contre les mouches des fruits en Afrique subsaharienne. COLEACP/CIRAD lettre d'information no5.

**Bugg, R. L., and Pickett, C. H., 1998.** Introduction: Enhancing Biological Control-Habitat Management to promote Natural Enemies of Agricultural Pests. In C. H. Pickett et R. L. Bugg: Enhancing biological control. Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Univ. California Press, 1-23.

**Burel, F., et Baudry, J., 2000.** Ecologie du paysage. Concept, méthodes et applications. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2<sup>e</sup> édition, 359 p.

**Burel, F., Baudry, J., Delettre, T., Petit, S., and Morvan, N., 2000.** Relating insect movements to farming systems in dynamic landscapes. In B; Ekbom, M. E. Irwin et Y. Robert: Interchanges of insects between agricultural and surrounding landscapes. Kluwer academic publishers, Dordrecht, 5-32.

**Calegario Fagoni, F., Puschmann, R., Fincer, F.L., and Costa, A. F. S., 1997.** Relationship between peel color and fruit quality of papaya (*Carica papaya* L.) harvested at different maturity stages. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110: 228-231.

**Carey, J. R., 1984.** Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Ecological Entomology*, 9 : 261-270. CTA, 2007. Comment lutter contre la mouche des mangues, *Guides pratiques No14*, p 6.

**Carlé, S. A., Averill, A.L., Rule, G. S., and Reissig, W. H., 1987.** Variation in host fruit volatiles attractive to apple maggot fly, *Rhagoletis pomonella*. *J. Chem. Ecol.* 13 : 795-805.

**Christenson, L. D., and Foote, R. H., 1960.** Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* 5: 171-192.

**Cornelius, M. L., Nergel, Duan J. J., and Messing R. H., 2000.** Responses of female Oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to protein and host fruit odors in field cage and open field tests. *Environ. Entomol.*, 29 : 14-19.

**DeBach, P., 1966.** Competitive displacement and coexistence principles. *Annual Rev. Entomol.*, 11 : 183-212.

**Deguine, J. P., et Ferron, P., 2004.** Protection des cultures et développement durable, bilan et perspectives. *Courrier de l'environnement de l'INRA n°52*.

**Dennis, P., Fry, G. L. A., and Andersen, A., 2000.** The impact of field boundary habitats on the diversity and abundance of natural enemies in cereals. *In* B ; Ekbom, M. E. Irwin et Y. Robert : Interchanges of insects between agricultural and surrounding landscapes. Kluwer academic publishers, Dordrecht, NL, 195-214.

**Diallo M.T.S., Camara M., Diane M.Y., Bah A. S., Pivi A.M., et Traoré L., 2003.** Vers une lutte contre la cercosporiose des agrumes en Guinée, *Fruits* 58 : 329–343.

**Diamé, L., Grechi, I., Rey, J-Y., Sané, C.A.B., Diatta, P., Vayssières, J-F., Yasmine, A., De Bon, H., and Diarra, K., 2015.** Influence of *Oecophylla longinoda* Latreille, 1802 (Hymenoptera : Formicidae) on mango infestation by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera : Tephritidae) in relation to Senegalese orchard design and management practices. *African Entomology* 23 : 294–305

**Diatta, P., Rey, J-Y., Vayssières, J-F., Diarra, K., Coly, E. V., Lechaudel, M., Grechi, I., Ndiaye, S. and Ndiaye, O. 2013.** Fruit phenology of citrus, mangoes and papayas influences egg-laying preferences of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Fruits* 68: 507–516.

**Diaz-Fleicher, F., Papaj, D. R., Prokopy, R. J., Norrbom, A. L., and Aluja, M., 2000.** Evolution of fruit fly oviposition behavior, in: Aluja, M., et Norrbom, A. L. (Eds), Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of Behavior. CRC Press, New York,

**Direction de l'horticulture.** Statistiques Horticoles, Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, 2003, 15p.

**Drew, R. A. I., 1989.** The tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of the Australasian and Oceanian regions. *Memoirs of the Queensland Museum* 26: 1-521.

**Drew, R. A. I., Tsuruta, K. and White, I. M., 2005.** A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa. *African Entomology* 13: 149-154.

**Economopoulos, A.P., Haniotakis, G.E., Mathioudis, J., Missis, N., and Kinigakis, P., 1978.** Long distance flight of wild and artificially-reared *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae). *Z. Angew Entomol.* 87: 101-108.

**Ekbohm, B., Irwin, M., and Robert, Y., 2000.** Interchanges of insects between agricultural and surrounding landscapes. Kluwer academic publishers, Dordrecht, NL, 239 p.

**Ekesi S., Maniania N. K. and Mohamed S. A., 2011.** Efficacy of soil application of *Metarhizium anisopliae* and the use of GF-120 spinosad bait spray for suppression of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in mango orchards. *Biocontrol Science and Technology* 21: 299-316.

**Eric, B. J., and Douglas, M. L., 1991.** Behavioral Responses of female Oriental Fruit flies to the odor of papayas at tree ripeness stages in laboratory Flight Tunnel (Diptera: Tephritidae). *J. insect. Behav.*, 4: 751-762.

**Fernandes-Da-Silva, P. G., and Zucoloto, F. S., 1993.** The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitidis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 39: 883-887.

**Ferron, P., 1999.** Protection intégrée des cultures : evolution du concept et de son application. *Cahiers agricultures*, 8: 389-396.

**Fitt, G. P., 1990.** Variation in ovariole number and egg size of species of *Dacus* (Diptera: Tephritidae) and their relation to host specialization. *Ecological Entomology* 15: 255-264.

**Fitt, G. P., 1986.** The roles of adult and larval specializations in limiting the occurrence of Five species of *Dacus* (Diptera, Tephritidae) in cultivated fruits. *Oecologia*, 69: 101-109.

**Fisher, K., 1996.** Queensland Fruit Fly (*Bactrocera tryoni*): eradication from Western Australia, pp. 543-550. In B. A. McPherson and G. J. Steck [eds.], Fruit Fly pests. A world assessment of their biology and management St Lucie press, Delray Beach, Florida.

**Fletcher, B. S., 1987.** The biology of Dacine fruit flies. CSIRO, Division of entomology 55 Hastings Road, Warrawee, New South Wales 2074, Australia

**Fletcher B. S., and Kapatós E. T. 1981.** Dispersal of the olive fly, *Dacus oleae*, during the summer period on Corfu. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 29 : 1-8.

**García-Ramírez, M. de, J., Cibrian-Tovar, J., Arzufo-Barrera, R., López-Collado, J., and Soto-Hernández, M., 2004.** Preferencia de *Anastrepha ludens* (Diptera : Tephritidae) por volátiles de frutos verdes y amarillos de mango y naranja. *Agrociencia* 38: 423-430.

**Gikonyo, N. K., Lux, S. A., and Nemeje, P. S., 2003.** Variation in volatiles from fruits of mango and marula attractive to the mango fruit fly, *Ceratitidis cosyra* (Walker). *East central Afr. J. Pharmacol. Sci.* 6: 3-8.

**Goergen, G., Vayssières, J. F., Gnanvossou, D., and Tindo, M., 2011.** *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), a new invasive fruit fly pest for the afro-tropical region: host plant range and distribution in west and central Africa. *Environ. Entomol.*, 40 : 844-854

**Grechi, I., Sané, C. A. B., Diamé, L., De Bon, H., Benneveau, A., Michels, T., Huguenin, V., Malezieux, E., Diarra, K. and Rey, J-Y., 2013.** Mango-based orchards in Senegal: diversity of design and management patterns. *Fruits* 68: 1–20.

**Haramoto, F. H., and Bess, H. A., 1970.** Recent studies on the abundance of the oriental and Mediterranean fruit flies and the status of the parasites. *Proceedings of Hawaiian Entomological society*, 20: 551-566.

**Hendrichs, J., Robinson, A. S., Cayol, J. P., and Enkerlin, W., 2002.** Medfly areawide sterile insect techniques programmes for prevention, suppression or eradication: the importance of mating behavior studies. *Florida Entomologist*, 85: 1-13.

**Hurtado, H. C., Aluja, M., and Liedo, P., 1995.** Adult populations of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) in tropical orchard habitats of Chiapas, Mexico. *Environmental Entomology*, 24 : 861-869.

**Hugon, R., 2007.** La lutte régionale contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest. COLEACP/CIRAD lettre d'information N°3.

**Kasana, A. and Aliniaze, M. T., 1994.** Effect of constant temperatures on development of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 73 : 247-254.

**Kawasaki, K., 1991.** Eradication of fruit flies in Japan. *In* Kawasaki, K., Iwahashi, K., et Kaneshiro, K. Y., [eds.], *Proceedings of the international symposium on the Biology and Control of Fruit Flies*, Okinawa, Japan.

**Khamis, F. M., Karam, N., Ekesi, S., De Meyer, M., Bonomi, A., Gomulski, L. M., Scolari, F., Gabrieli, P., Siciliano, P., Masiga, D., Kenya, E. U., Gasperi, G., Malacrida, A. R. and Guglielmino, C. R., 2009.** Uncovering the tracks of a recent and rapid invasion: the case of the fruit fly pest *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Molecular Ecology* 18: 4798-4810.

**Koyama, J., Kakinohana, H., and Miyatake, T., 2004.** Eradication of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae*, in Japan: Importance of behavior, Ecology, Genetics, and evolution. *Annual Review of Entomology* 49: 331-349.

- Laroussilhe (de) F., 1980.** Le Manguier. Techniques agricoles et productions tropicales. Ed Maisonneuve et Larose. Paris. 312p.
- Letourneau, D. K., 1997.** Plant-arthropod interactions in agroecosystems. In L.E. Jackson : Ecology in agriculture. Academic press, San Diego, CA, USA, 239-290.
- Letouzey, R., 1982.** Manuel de botanique forestière Afrique tropicale, Tome 1. 193p.
- Light, D. M., Jang, E. B., Flath, R. A., 1992.** Electroantennogram responses of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, to constituents of nectarines. *Entomol. Exp. Appl.*, 63: 13-26.
- Light, D. M., Jang, E. B., 1987.** Electroantennogram responses of the oriental fruit fly *Dacus dorsalis*, to a spectrum of alcohols and aldehyde plant volatiles. *Entomol. Exp. Appl.*, 45: 55-64.
- Lux, S. A., Copeland, R. S., White, I. M., Manrakhan, A. and Billah, M. K., 2003.** A new invasive fruit fly species from the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) group detected in East Africa. *Insect Science and its Application* 23: 355-361.
- Manenoi, A., Bayogan, E. R. V., Thumdee, S., and Paul, R. S., 2007.** Utility of 1-methyl cyclopropanene as papaya postharvest traitment. *Postharvest Biol. Technol.* 44: 55-62.
- Mausse, S. D. and Bandeira, R. R., 2007.** Ecological relationships between *Ceratitidis spp.* (Diptera: Tephritidae) and other native fruit tree pests in southern Mosambique, *Fruit, CIRAD/EDP Sciences*, 62: 35-44.
- Morshidi, M., 1996.** Genetic variability in *Carica papaya* and related species. PhD dissertation, University of Hawaii at Manoa.
- Messenger, P. S., and Flitters, N. E., 1958.** Effect of constant temperature environments on the egg stage of trees species of Hawaiian fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America* 51 : 109-119.

**Mille, C., 2010.** Les mouches des fruits de nouvelle-caledonie (Diptera, Tephritidae) : Systématique, Comportement, Dynamique et Gestion des Populations. Thèse de doctorat, 353p.

**Mwatawala, M. W., De Meyer, M., Makundi, R. H., and Maerere, P., 2006.** Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly, *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in central Tanzania. *Journal of Applied Entomology*. 130: 530-537.

**Mwatawala, M.W., DE Meyer, M., Makundi, R.H. and Maerere, A.P., 2006.** Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Central Tanzania. *Journal of Applied Entomology* 130: 530–537.

**McInnis, D. O., Rendon, P., Jang, E., Van Sauers-Muller, A., Sugayama, R., and Malavasi, A., 1999.** Interspecific mating of introduced sterile *Bactrocera dorsalis* with wild *B. carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Suriname: a case for cross-species SIT. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 92 (5): 758-765.

**Nakasone, H. Y., et Paull, R. E., 1998.** Tropical fruits. CAB international. 445p.

**Ndiaye M., Dieng E. H. O., Diatta M., Gaye M. et Dieng B., 2007.** Suivi des populations des mouches des fruits et démonstration d'un dispositif de lutte intégrée dans des vergers de manguiers. Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, Direction de la Protection des Plantes ; République du Sénégal. 18p.

**Ndiaye, M., Dieng, E. O. and Delhove, G., 2008.** Population dynamics and on-farm fruit fly integrated pest management in mango orchards in the natural area of Niayes in Senegal. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 14: 1–8.

**Ndiaye, O., Vayssieres, J.-F., Rey J. Y., Ndiaye S., Diedhiou P. M., Ba C. T. and Diatta P., 2012.** Seasonality and range of fruit fly (Diptera: Tephritidae) host plants in orchards in Niayes and the Thiès Plateau (Senegal). *Fruits*, vol. 67, p. 311–331.

**Ndiaye, O., 2014.** Interactions plantes hôtes, mouches des fruits et parasitoïdes dans les Niayes et en Basse Casamance. Thèse de doctorat, 120p.

- Newell, I. M., and Haramoto, F. H., 1968.** Biotic factors influencing populations of *Dacus dorsalis* in Hawaii. *Entomol. Soc.* 20: 81-139.
- Nigg, H. N., Mallory, L. L., Simpson, S. E., Callaham, S. B., Toth, J. P., Fraser, S., Clim, M., Nagy, S., Nation, J. L., and Attaway, J. A., 1994.** Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspense*, attraction to host fruit and host kairomones. *J. Chem. Ecol.*, 20: 727-743.
- Norrbom, A. L., Carrol, L. E., and Freidberg, A., 1998.** Status of knowledge, pp. 9-47. In F.C. Thompson [ed.], fruit fly Expert Identification System and systematic Information Database. Myia, Leiden.
- Norrbom, A., 2004.** Fruit Fly (Diptera : Tephritidae) Classification and diversity, Systematic and Entomology Laboratory, ARS, USDA, Departement of entomology, NMNH, SI; The Diptera Site.
- Praloran, J. C., 1971.** Les Agrumes. Techniques agricoles et productions tropicales. Ed Maisonneuve et Larose. Paris. 561p.
- Prokopy, R. J., 1977.** Stimuli influencing trophic relations in Tephritidae, pp. 305-335. In V. Labeyrie [ed.], Comportement des insectes et milieu trophique. Colloques internationaux du C.N.R.S.
- Prokopy, R. J., and Roitberg, B. D., 1984.** Foraging behavior of true fruit flies [Tephritidae]. *American Scientist*, 72: 41-49.
- Quilici, S., Franck, A., Peppuy, A., Dos Reis Correia, E., Mouniama, C., and Blard, F., 2002.** Comparative studies of courtship behavior of *Ceratitidis* spp. (Diptera: Tephritidae) in Reunion Island. *Florida Entomologist*, 85: 138-142.
- Rattanapun, W., Amornsak, W., and Anthony., 2009.** *Bactrocera dorsalis* Preference for and performance on two mango varieties at three stages of ripeness. *Entomol. Exp. Appl.*, 131 : 243-253.

**Rey, J. Y., 1974.** Etude de dépérissement du manguier au Mali (zone Katibougou). *Fruits*, vol. 29, n°7-8, p.34-38.

**Root, R. B., 1973.** Organisation of a plant-arthropod association in simple and diverse habitat; the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.*, 43, 95-124.

**Rousse, P., 2007.** Spécificité parasitaire et sélection de l'hôte chez un parasitoïde ovo-pupal de mouches des fruits Tephritidae. Thèse de doctorat, 256p.

**Roessler, Y., 1989.** Insecticidal bait and cover sprays. In A. S. Robinson and G. Hooper [eds.], *Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and Control.*, pp. 329 - 335. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

**Rwomushana, I., Ekesi, S., Gordon, I., Ogot, and Callistus K.P.O., 2008.** Host Plants and Host Plant Preference Studies for *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Kenya, a New Invasive Fruit Fly Species in Africa. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101: 331-340.

**Seo, S. T., Farias, G. J., and Harris, E. J., 1982.** Oriental fruit fly: Ripening of fruit and its effect on index of infestation of Hawaiian papayas. *J. Econ. Entomol.* 75 : 173-178.

**Spreu, M.,** Edito. Mouches des fruits : la lutte continue. Coleacp, lettre d'information numéro 1, 2011.

**Storey, W. B., 1941.** Papaya production in the Hawaiian Island. Part I. The Botany and sex Relationships of the Papaya. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 87, University of Hawaii, Honolulu.

**Sturrock, D., 1951.** Frost protection for young mango trees. Mango studies, Mango Florida Forum, p.47-49.

**Sing, K. K., 1967.** Climate and cultivation. The mango, a handbook, Indian council of Agricultural Research, New Delhi, p.70-98.

**Stephens, S. E., 1949.** The mango. In **Laroussilhe (de) F., 1980:** Le Manguier. Techniques agricoles et productions tropicales. Ed Maisonneuve et Larose. Paris. 312p

**Srivastana, H. C., 1967.** Grading, storage and marketing. The Mango, a handbook. *Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, p.99-149*

**Smith, E. S. C., Chin, D., Allwood, A. J., and Collins, S. G., 1988.** A revised host list of fruit flies (Diptera: Tephritidae) from the Northern Territory of Australia. *Queensland Journal of Agricultural and Animal sciences 45: 19-28.*

**Tsitsipis, J. A. and Abatzis, C., 1980.** Relative-humidity effects, at 20-degrees, on eggs of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Diptera, Tephritidae), reared on artificial diet. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 28: 92-99.*

**Udvardy, M., 1969.** Dynamic zoogeographic, with special reference to land animals. Melbourne-1969, illustrated by Charles, S. Papp., P.446

**Vargas, R. I., Burns, R. E., Mau, R. F. L., Stark, J. D., Cook, P., and Pinero, J. C., 2009.** Captures in methyl eugenol and cue-lure detection traps with and without insecticides and with a farma tech solid lure and insecticide dispenser. *Journal of Economic Entomology, 102: 552-557.*

**Vargas, R. I., Peck, S. L., Mcquate, G. T., Jackson, C. G., Stark, J. D., and Armstrong, J. W., 2001.** Potential for Areawide indicated management of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with a braconid parasitoid and novel bait spray. *Journal of Economic Entomology 94: 817-825.*

**Vargas, R. I., Walsh, W. A., Kanehisa, D., Stark, J. D., and Nishida, T., 2000.** Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) at alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America, 93: 75-81.*

**Vargas, R. I., Walsh, W. A., and Nishida, T., 1995.** Colonization of newly planted coffee fields: Dominance of Mediterranean fruit fly over Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol. 88: 620-627.*

**Vargas, R. I., Miyashita, O., Nishida, T., 1984.** Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 77: 651-656.

**Vayssières, J. F., Goergen, G., Lokossou, O., Dossa, P., and Akponon, C. 2005.** A new *Bactrocera* species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Fruits*, 60 : 371–377.

**Vayssières, J-F., Korie, S., Coulibaly, O., Temple, L., and Boueyi, S. P., 2008.** The mango tree in northern central Benin: cultivar inventory, yield assessment, infested stages and loss due to fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Fruits* 63 :1–8

**Vayssières, J. F., Sinzogan, A., Adandonon, A., and Korie, S. 2010.** Diversity of fruit fly (Diptera: Tephritidae), species associated with Citrus crops (Rutaceae) in southern Benin in 2008-2009. *Int. J. Biol. Chem. Sc.*, 4: 1881-1897.

**Vayssières, J. –F., Vannière, H., Gueye, P. S., Barry, O., Hanne, A., Korie, M., Niassy, A., Ndiaye, M. and Delhove, G., 2011.** Preliminary inventory of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in the Niayes region, Senegal, in 2004. *Fruits* 66: 91-107.

**Vayssières, J-F., Adandonon, A., N’Diaye, O., Sinzogan, A., Kooymann, C., Badji, K., Rey, J-Y. and Wharton R.A., 2012.** Native parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in cultivated and wild fruit crops in Casamance, Senegal. *African Entomology*, Vol. 20, No. 2

**Wharthen, J. D., Lee, C. J., Jang, E. B., Lance, D. R., and McInnis, D. O., 1997.** Volatile, Potential attractants from ripe coffee fruit for female Mediterranean fruit fly. *J. Chem. Ecol.*, 23: 1891-1900.

**Wharton, R. A., and Gilstrap, F. E., 1983.** Key to and the status of opine braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitidis* and *Dacus* s. 1. (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 721-742.

**Waterhouse, D. F., 1993.** Biological control: pacific prospects supplement 2. Australian

Centre for international agricultural research, Canberra

**Williamson, D. L., 1989.** Oogenesis and spermatogenesis. *In* Fruit flies, their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests (eds A.S. Robinson & G. Hooper), *Vol. 3A, pp. 141-151. Elsevier, Amsterdam.*

**White, I. M. and Elson-Harris, M. M., 1992.** Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB international. Wallingford, UK (1992) 601pp.

**Zhang, R. J. and Hou, B. H., 2005.** Assessment on the introduction risk of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits with fuzzy mathematics. *Acta Entomologica Sinica* 48 : 221 - 226.

## ANNEXES



*Bactrocera dorsalis*



*Bactrocera cucurbitae*

P. Diatta & A. Yasmine



*Ceratitis silvestrii*



*Ceratitis fasciventris*



*Ceratitidis cosyra*



*Ceratitidis capitata*

P. Diatta & A. Yasmine

## Résumé

Depuis le signalement et l'établissement dans de nombreux pays d'Afrique, de l'espèce *Bactrocera dorsalis* dans les agrosystèmes fruitiers, les productions fruitières sont considérablement affectées par des contraintes d'ordre phytosanitaires liées particulièrement aux piqûres de cette espèce polyphage. Ces contraintes ont non seulement contribué à l'importante réduction de la période de disponibilité de la mangue de qualité, mais surtout elles constituent de lourdes menaces pour son exportation du fait des procédures et des mesures très sévères de quarantaine. Dans ce travail, la sensibilité en fonction du stade phénologique du fruit aux piqûres de mouches des fruits, le mode de maintien de ces mouches des fruits dans les agrosystèmes fruitiers, les paramètres démographiques et l'effet de la composition et de la structuration des espèces fruitières au sein des vergers ont été étudiés par une démarche expérimentale en relation avec la bio-écologie de l'espèce invasive *Bactrocera dorsalis* (**Diptera, Tephritidae**) dans les régions de Dakar et Thiès. Les connaissances acquises de l'exploitation et de l'analyse des données collectées permettent de dire que les différents stades phénologiques des fruits sont sensibles aux piqûres de *Bactrocera dorsalis*, mais cette espèce préfère pondre dans des fruits au stade mûr à ceux au stade immature. Aussi en dehors de la période de maturité des mangues, *B. dorsalis* est relativement plus abondante dans les vergers mixtes irrigués que dans les autres vergers (homogènes ou mixtes non irrigués). Les pics de capture de *B. dorsalis* sont observés au sein des vergers pendant la saison chaude et pluvieuse, en revanche les captures les plus faibles sont enregistrées à la saison sèche et fraîche. De plus l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* dans les vergers est fortement corrélée à leurs compositions végétales, aux pratiques culturales qui y sont menées ainsi qu'à certains paramètres climatiques.

**Mots clés :** Diptera, Tephritidae, *Bactrocera dorsalis*, fluctuation de populations, préférence de ponte, typologie des vergers, agro-écosystèmes, Niayes, Sénégal

## Abstract

Since the reporting and establishment in many African countries of the species *Bactrocera dorsalis* in fruiting agrosystems, fruit production is considerably affected by phytosanitary constraints particularly related to the sting of this polyphagous species. These constraints not only contributed to the significant reduction in the availability of quality mango but are also major threats to its export due to very strict quarantine procedures and measures. In this work, the susceptibility of fruit flies to the phenological stage of the fruit fly sting, how these fruit flies are maintained in fruiting agrosystems, demographic parameters and the effect of composition and structuring of species Fruit trees within the orchards were studied by an experimental approach in relation to the bio-ecology of the invasive species *Bactrocera dorsalis* (Diptera, Tephritidae) in the Dakar and Thiès regions. The knowledge acquired from the exploitation and the analysis of the collected data allow to say that the different phenological stages of the fruits are sensitive to the sting of *Bactrocera dorsalis*, but this species prefers to lay in ripe fruits to those in the immature stage. Also apart from the maturity period of mangoes, *B. dorsalis* is relatively more abundant in mixed irrigated orchards than in other orchards (homogeneous or mixed irrigated). Peak catches of *B. dorsalis* are observed in orchards during the hot and rainy season, while the lowest catches are recorded in the dry and fresh season. Moreover, the relative abundance of *Bactrocera dorsalis* in orchards is strongly correlated with their plant composition, cultural practices and climatic parameters.

**Key words:** Diptera, Tephritidae, *Bactrocera dorsalis*, population fluctuation, laying preference, orchard typology, agroecosystems, Niayes, Senegal