

Table des matières

Remerciements	2
Dédicace	3
Table des matières.....	4
Liste des figures.....	6
Liste des tableaux.....	6
Résumé	7
Abstract.....	8
1 Introduction.....	9
2 Synthèse bibliographique	11
2.1 Généralités.....	11
2.2 Généralités sur <i>Bactrocera invadens</i>	11
2.3 Méthodes de luttés.....	12
2.4 Les produits biologiques utilisés contre les insectes	14
3 Matériels et méthodes	17
3.1 Lieux de l'essai.....	17
3.2 Matériels.....	17
3.3 Dispositif de l'essai au champ et déroulement des traitements	17
3.3.1 Essai au champ	17
3.3.2 Déroulement des traitements au champ.....	18
3.4 Déroulement des essais au laboratoire	18
3.4.1 La première séquence	19
3.4.2 La deuxième séquence.....	19
3.4.3 La troisième séquence	20
3.5 Les contraintes rencontrées au cours de l'essai	21
4 Résultats.....	21
4.1 Tests de préférence de ponte de <i>Bactrocera invadens</i> (Drew et al.,) au champ.....	21
4.2 Evolution hebdomadaire de la préférence de ponte des mouches au champ.....	22
4.2.1 Préférence de ponte de <i>Bactrocera invadens</i>	23
4.2.2 Préférence de ponte de <i>Ceratitis cosyra</i> (Walker).....	24
4.3 Tests de préférence de ponte de <i>B. invadens</i> à partir de mangues traitées au laboratoire	25

4.4	Tests de comparaison de préférence de ponte de <i>B. invadens</i> sur mangues traitées à partir de 3 produits au laboratoire.....	26
4.5	Effet de la pulvérisation directes des produits sur les mouches	26
5	Discutions.....	26
	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	30
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	32
	Annexes	36

Liste des figures

<i>Figure 1: Tests de préférence de ponte de Bactrocera invadens à partir de mangues traitées</i>	<i>19</i>
<i>Figure 2: Tests de comparaison de la préférence de ponte de Bactrocera invadens sur mangues traitées à partir des 3 produits.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 3: Préférence de ponte de Bactrocera invadens (Drew et al.,) au champ en fonction des traitements à Notto du Sénégal.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 4: Evolution de la population des mouches au champ durant la période de l'essai à Notto du Sénégal ..</i>	<i>23</i>
<i>Figure 5: Evolution de la préférence de ponte de B. invadens au champ en fonction pluies à Notto du Sénégal</i>	<i>24</i>
<i>Figure 6: Pourcentage de mangues piquées par B. invadens en fonction des traitements au laboratoire</i>	<i>25</i>
<i>Figure 7: Taux de mortalités observées après pulvérisation direct des traitements sur la mouche des mangues Bactrocera invadens au laboratoire</i>	<i>26</i>
<i>Figure 8: Les trois blocs de culture et le dispositif de traitement</i>	<i>36</i>
<i>Figure 9: Aspect des manguiers dans un bloc de culture</i>	<i>37</i>
<i>Figure 10: Etiquettes indiquant les traitements</i>	<i>37</i>
<i>Figure 11: Pulvérisateurs et équipement de protection individuelle</i>	<i>37</i>
<i>Figure 12: a-b. Processus d'étiquetage des mangues traitées.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 13: a-c : Exposition des fruits aux mouches au laboratoire et larves dans les fruits piqués.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 14: Pupes extraites des fruits piqués.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 15: Cages pour les tests au laboratoire</i>	<i>38</i>
<i>Figure 16: Miel pour la nourriture des mouches.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 17: a Larves L3 sortants d'une mangue infestée ; b incubations de mangues infestées au laboratoire</i>	<i>39</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Mode d'action et efficacité des produits testés au champ et au laboratoire.....</i>	<i>30</i>
---	-----------

Résumé

Depuis des décennies la filière mangue Ouest africaine est confrontée à la problématique de la mouche des fruits. L'introduction récente et la dispersion de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) dans toute l'Afrique de l'Ouest a accentué considérablement l'importance des dégâts sur les fruitiers d'intérêt commercial dont le manguier.

Les méthodes de lutttes entreprise jusque la se sont avérées inefficace contre *B.invadens*. C'est dans la recherche de solution contre ce fléau que des essais exploratoires de produits d'origines biologiques contre la mouche des fruits ont été effectués au champ et au laboratoire

Les essais de terrain ont été effectué a Notto gouye diama un arrondissement de la région de Thiès dans un verger de production bio. Les essais de labo se sont déroulés au laboratoire d'entomologie de l'ISRA /CDH à Cambéréne.

Au verger, 3 parcelles ont été choisies dans lesquelles des pieds portant les mangues marquées pour le traitement aux produits ont été sélectionnées.

Au laboratoire des cages ont été confectionnées pour l'élevage de mouches, l'exposition de mangues traitées avec les produits et leurs pulvérisations sur les mouches.

Ainsi il est apparu que le T4 à base de Kaolin été bien efficace contre les mouches aussi bien au verger qu'au laboratoire.

Au terme des expériences ont peut déduire des résultats que, le T4 à base de kaolin pourrait être utilisé contre *B.invadens*. Les autres produits comme T3 à base d'extraits d'oranges purifiés et *Trichoderma harzianum*, T2 à base de Propylène Glycol Alginate, et T1 à base d'extraits de plantes devront être améliorés et soumise à d'autres tests pour mieux combattre *Bactrocera invadens*.

Mots clefs : Essais exploratoires, produits d'origine biologiques, la mouche des fruits, *Bactrocera invadens*, production bio.

Abstract

Since decades the sector African Western mango is confronted with the problems of the fly of the fruits. The introduction and dispersion of *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) in all West Africa accentuated considerably the importance of the damage on the fruit-lofts of commercial interest of which the mango tree.

The methods of fights undertaken until proved to be ineffective against *B.invadens*. It is in the search for solutions against this plague that exploratory test of products of origins

The tests of ground were carried out has Notto gouye diama a district of the Thiès area in an organic orchard of production.

The laboratory tests proceeded at the laboratory of entomology of the ISRA /CDH in Cambéréne.

With the orchard 3 pieces were selected in which feet carrying mangos marked for the treatment the product were selected.

At the laboratory of the cages were made for the breeding, the exposure of the products and their pulverizations on the flies.

Thus it appeared as T4 containing Kaolin is quite effective against the flies as well with the orchard as at the laboratory.

At the end them experiments have can deduce from the results which T4 conaining Kaolin could be used against *B.invadens*. Other products like T3 containing orange extracts purified and *Trichoderma harzianum*, T2 containing Propylene Glycol Alginate, and T1 containing extracts of plants will have to be improved and subjected to other tests for better fighting *Bactrocera invadens*(Drew et al.,).

Key words: Exploratory tests, biological products of origin, the fly of the fruits, *Bactrocera invadens* (Drew et al.), organic production.

1 Introduction

Depuis longtemps les mouches des fruits causent des pertes économiques importantes dans les différentes filières fruitières de la sous région Ouest Africaine. Des archives de Dakar datant de 1912 faisaient déjà allusion à un élevage de *C. cosyra* (Ndiaye. M et Dieng. E. H. O, 2007a). Avant la découverte de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) les principales mouches qui causaient des dégâts sur fruits étaient les mouches endémiques de la région dont le principal était le genre ceratitis.

Depuis 2005, date de son apparition en Afrique de l'Ouest, l'espèce invasive de mouche des fruits *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) constitue toujours un fléau pour la filière fruit. Le problème des mouches des fruits s'est accru dernièrement avec la dispersion de la nouvelle espèce. Les producteurs et les exportateurs n'ayant pas d'informations précises et des moyens de luttés efficaces sont un peu désarmés.

La mouche est polyphage et les filières les plus menacées sont les filières mangue et agrume. Les dégâts sont surtout sentis au niveau de la filière mangue.

Le Sénégal produit environ 120.000 tonnes de fruits par an dont 61% en mangue. La variété Kent représente plus de 70% des mangues exportées. La période de production de la mangue s'étend de Mai à Octobre. La production destinée à l'export ne saisit pas le créneau de juin à septembre qui est très favorable à la mangue du Sénégal. Sur le marché Européen la mangue d'origine Sénégal peut succéder à la mangue d'origine Côte d'Ivoire ou Mali plus précoce de Juin à septembre (Ternoy. J. et al., 2006a).

Malheureusement la période de production de la variété coïncide avec la période de pullulation de *B. invadens* au Sénégal. Ce qui, depuis presque une décennie cause des pertes économiques importantes aussi bien pour les producteurs que pour les exportateurs.

La disponibilité en produits de protection des plantes homologués pour lutter contre ce fléau fait cruellement défaut dans les pays de la CEDEAO. , l'option de développer (si possible) des méthodes durables de lutte, à travers la promotion des insecticides biologiques comme alternatives aux pesticides chimiques demeure plus que jamais d'actualité, la priorité étant de trouver des produits innovants permettant de réduire au minimum les risques résidus et d'impact sur l'environnement tout en proposant des solutions économiquement viables et respectueuses de la santé des agriculteurs.

C'est dans cette perspective que des essais biologiques ont été effectués afin de déterminer les modes d'action et l'efficacité de 4 traitements ; le but ultime étant d'identifier les produits intéressants pour des essais ultérieurs destinés à monter un dossier de demande d'homologation.

L'objectif de ce travail était donc de confirmer et de valider l'effet insecticide ou répulsif des produits, à travers des tests de préférence de ponte ou de tests insecticides au laboratoire et au champ, durant la période d'infestation des mangues dans la zone de Notto du Sénégal.

2 Synthèse bibliographique

2.1 Généralités

La mouche des fruits cause des dommages aux cultures et entraîne une diminution de l'offre des produits alimentaires et de la qualité de ces produits. Organisme nuisible transfrontières, sujet de préoccupations de niveau mondial, la mouche des fruits entraîne d'après les estimations des pertes économiques annuelles de plus de 1 milliard de dollars E.U à l'échelle de la planète (F.A.O). L'Afrique de l'Ouest n'est pas épargnée. La découverte et la propagation d'une nouvelle espèce de mouches des fruits *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) dans la région en 2004 a eu de graves répercussions sur la production et les exportations de mangues et les revenus tirés de ces activités (FANDC., 2010).

Tout d'abord la mouche des fruits pose de sérieux problèmes aux exportations en raison de l'augmentation des interceptions et des destructions de mangues qui arrivent dans les pays de l'Union Européenne (U.E). Les exportateurs doivent alors circonscrire leurs exportations aux périodes de faibles infestations des mouches, ce qui conduit à un raccourcissement des campagnes d'exportations, à une réduction des volumes exportés et donc de revenus des opérateurs.

Par ailleurs la mouche des fruits a des conséquences graves pour les petits producteurs et pour les familles, diminue les disponibilités des mangues de bonnes qualités pouvant même poser des problèmes au niveau de la sécurité alimentaire, étant donnée l'importance de la mangue en période de soudure (Ternoy. J. et al., 2006b).

La production horticole du Sénégal s'élève à 200.000 tonnes dont 65% de mangue. Le potentiel d'exportation de mangues est d'environ 30.000 tonnes et emploie environ 33.600 personnes dont 44,7% de femmes. Depuis 2004 les mouches des fruits causent d'importants dégâts 40 à 60% au nord et 70 à 100% au sud (Ndiaye. M et Dabo., M., 2007a), réduisant par la même occasion les emplois et revenus générés par ce secteur.

2.2 Généralités sur *Bactrocera invadens*

Bactrocera invadens (Drew et al.,) appartient au complexe « *Bactrocera dorsalis* » autre fois couramment désigné sous le commun de « mouche orientale des fruits ».

Comme les autres espèces de *Bactrocera*, *Bactrocera invadens* est une espèce d'assez grande taille, présente un abdomen en forme ovale. Les ailes, en majeure partie transparentes sont caractérisées par une bande costale enfumée, large et assez régulière, ainsi qu'une bande anale.

L'espèce est à priori polyphage. Les symptômes dépendent plus ou moins des fruits mais en général sur mangues :

Au début, les symptômes sont de petits points noirs à l'emplacement des piqûres au moment des pontes. Dans certains cas, la sève apparaît et se dessèche en ressemblant à de petits cristaux translucides

Le sectionnement de la chair du fruit fait apparaître des galeries dues par la présence des asticots.

L'attaque se traduit souvent par le mûrissement précoce et la chute du fruit.

En phase finale, le fruit tombé pourrit sur le sol

Le stade final est une pourriture du fruit. Les pertes peuvent aller à plus de 60 % de la récolte pour les variétés tardives comme 'Keit' et 'Kent' en l'absence de mesures de protection (Ndiaye. M et Dabo., M, 2007b).

2.3 Méthodes de lutttes

Comme dans le cas de toutes les espèces de mouches des fruits, la lutte contre *B. invadens* doit faire appel à un ensemble de méthodes de lutte complémentaires. Elle sera d'autant plus efficace qu'elle sera menée à une large échelle dans l'espace (échelle : bassin de production) et le temps. Cet ensemble de méthodes comprend :

○ Mesures prophylactiques

-Désherbage et confection de cuvettes : Les vergers sont tenus propres en éliminant les hôtes alternatifs ou leur production tout en exposant les pupes hors du sol.

-Enfouissement : Les fruits sont ramassés et enfouis dans des trous profonds à plus 20 cm au dessus du sol pour éviter des émergences d'adultes à partir des fruits superficiels. Dans le cas des trous peu profonds, les fruits sont recouverts de chaux ou asperger d'insecticide.

-Ramassage : Les fruits ramassés quotidiennement sont mis dans des sachets en plastique de préférence de couleur noire. Ils sont bien fermés puis exposés au soleil pendant 3 jours

-Ramassage : Les fruits ramassés peuvent être incinérés dans un trou ou un fût vide.

-Récolte précoce : La récolte précoce prévient une infestation continue, la cause des pullulations des populations de mouches des fruits

-Ensachage : Une méthode de lutte raisonnée consistant à mettre les fruits dans des sachets. Elle est appliquée avec succès contre les mouches en verger d'agrumes ou de manguiers en Asie.

Elle présente l'avantage de protéger les fruits contre les autres insectes et maladies en prévenant d'autres infestations (Ndiaye. M et Dabo. M., 2007c).

En Afrique, son utilisation peut être limitée à des situations particulières comme sur les pieds domestiques ou en cas de main d'œuvre disponible. Cependant pour les grands producteurs, ces méthodes prophylactiques demandent une disponibilité en main d'œuvre qui peut être coûteux et un travail fastidieux et régulier.

○ Lutte biologique

-Les auxiliaires

Un parasitoïde ovo-pupal, *Fopius arisanus* (Hymenoptera Braconidae), d'origine asiatique, a montré en laboratoire une bonne efficacité sur *Bactrocera invadens* (résultats ICIPE), et a été utilisé avec succès dans le Pacifique (Vargas et al., 2007) Cette espèce, qui constitue un candidat sérieux pour la lutte biologique, pourrait être introduite dans les pays envahis par *Bactrocera invadens* (Drew et al.,). L'inconvénient est que son utilisation nécessite des moyens financiers et techniques importants et son élevage est sensible et coûteux.

-Les prédateurs

De récentes recherches au Bénin ont montré que l'abondance des fourmis tisserandes *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera Formicidae) réduit considérablement les dégâts des mouches des fruits dans les vergers de manguiers. Des mesures de sensibilisation et de production fruitière intégrée visent à favoriser l'introduction et la protection de ces fourmis tisserandes si utiles dans les vergers Ouest Africains (Van Mele et al., 2007). Les inconvénients majeurs de la présence des fourmis sont leur protection des cochenilles et leurs morsures ce qui rend le fruit un peu laid et la cueillette difficile.

-Les champignons

Un champignon *Metarhizium anisopliae* a été utilisé contre les mouches des fruits. Au contact avec les larves, les pupes ou l'adulte, les spores de *Metarhizium anisopliae* germent, pénètrent dans la cuticule et croissent dans le corps de l'hôte. Ils entraînent la mort plus ou moins vite (Vayssières et al., 2007a).

○ Lutte intégrée

Les principales méthodes de lutte intégrée comprennent : la MAT (Male Annihilation Technique), une méthode qui est coûteuse et nécessite de grands moyens, les baies stations,

les entomopathogènes et les traitements localisés avec le Success Appat (S.A.). Si la méthode de traitement avec le S.A. a été testée avec des résultats positifs au Bénin, celles de la MAT, des bai stations et des entomopathogènes ont besoin d'être testées, adaptés au contexte et validées avant leur intégration dans un ensemble de méthodes de lutte intégrée (ou IPM package) en Afrique de l'Ouest.

D'autres méthodes de lutte vont être étudiées telle l'optimisation de la Diversité Végétale Supra Spécifique: c'est l'optimisation des mécanismes écologiques de gestion des populations de Tephritidae en vue d'une amélioration durable de la qualité des productions fruitières (ex: avec mobilisation positive de la DVSS, développement de principes de gestion stimulo-dissuasive (push-pull) des tephritides avec des molécules mimétiques et des kairomones liées à la DVSS) (Vayssières et al., 2007b).

2.4 Les produits biologiques utilisés contre les insectes

Les produits biologiques utilisés contre les insectes ont été tirés des minéraux et des végétaux.

Un nouveau concept de protection des cultures a été développé depuis quelques années, basé sur la présence d'une barrière minérale protectrice sur le végétal (Stanley, 1998 ; Glenn et al., 1999).

Les minéraux argileux sont des substances cristallines qui tirent leur origine d'altération chimique de certains minéraux composant la roche. Sur le plan chimique se sont des Phyllosilicates d'aluminium dont les feuillets sont constitués de couches d'octaèdres Al (OH) 6 et de couches de tétraèdres SiO₄ reliées par les atomes O et OH mis en commun (BOUGDAH, 2007).

Le T4 est un produit à base de kaolin formule de base : 2SiO₂ Al₂O₃ 2H₂O (argile blanche) relativement nouveau offert aux producteurs de fruits et légumes biologiques et conventionnels au Canada. Le kaolin est surtout utilisé comme produit phytoprotecteur qui protège la culture des insectes nuisibles. C'est un minéral comestible qui a longtemps été utilisé dans le dentifrice et comme agent antiagglomérant dans les aliments transformés. Il a été lancé récemment dans le secteur agricole comme phytoprotecteur et les résultats sont prometteurs. L'utilisation du T4 est permise en agriculture biologique. Le produit est également autorisé (listé) par l'Organic Material Review Institute (OMRI).

L'argile T4 d'origine américaine, est une argile calcinée contenant 95 % de kaolinite.

C'est une argile en fine poudre qui, mélangée à l'eau, peut être pulvérisée sur le feuillage. Il forme une pellicule blanche sur les plantes et possède un effet répulsif contre les insectes herbivores. La pellicule de kaolin interfère avec la reconnaissance visuelle et tactile des ravageurs avec leurs plantes hôtes.

Les produits d'origines végétales comprennent :

Le T3 est un produit innovant issu de travaux de recherche en physiologie végétale.

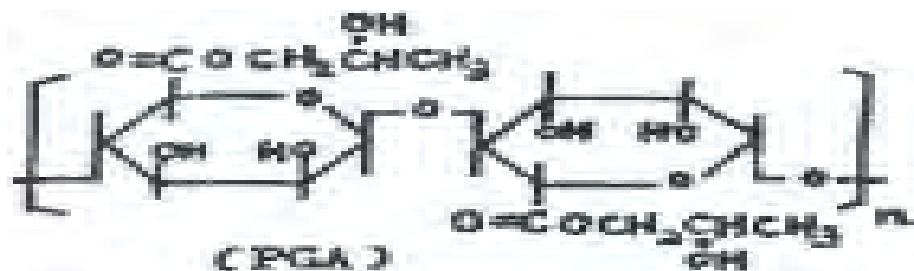
Sa formule à base d'extraits d'Orange et de *Trichoderma harzianum* permet d'assécher les carapaces des insectes à corps mou ainsi traités et agit aussi sur les organes externes des parasites toxiques en déshydratant leur cuticule ce rôle est surtout joué par les extraits d'oranges. Dans la nature, la plupart des micro-organismes sont utiles, tandis que d'autres constituent de véritables ennemis et entravent le développement de la plante. *Trichoderma harzianum* est un microorganisme qui depuis quelques années est utilisé en lutte biologique contre les maladies des plantes et les insectes nuisibles. Le champignon colonise surtout le ravageur. En effet *Trichoderma harzianum* est un champignon tellurique qui boucle son cycle en 40 heures de spore en spore ce qui lui permet de coloniser rapidement son support.

De plus, T3 optimise la nutrition des végétaux en apportant du bore, élément nutritif bénéfique. Cet élément agit sur la division des cellules.

Toutes ces actions permettent une croissance optimale, la dirigeant vers la croissance des racines et limitant les attaques des insectes pathogènes susceptibles de détériorer les végétaux.

Le T2 a pour substance active du propylène glycol alginate.

Le propylène glycol alginate est un ester d'acide alginique dans laquelle des groupements carboxyles sont estérifiés avec le propylène glycol, d'autres par des groupements alcalins appropriés et d'autres par des radicaux libres (Wagner et al., 2006).



Formule semi développée du propylène glycol alginate

Le propylène glycol constitue le plastifiant assurant l'élasticité des filmogènes et la rémanence de ce produit.

L'Alginate est un polysaccharide polyanionique naturel, qui se trouve dans la paroi cellulaire de toutes les algues brunes. Il peut être extrait de certaines de ces algues brunes (*Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum*) et peut également être produit à partir de bactéries (*Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas aeruginosa*). Dans ce dernier cas, la structure moléculaire de l'alginate est mieux contrôlée (Vallée, F, 2006). Le Propylène Glycol Alginate a un mode d'action surtout physique par contact en suffoquant les insectes et il peut être utilisé sans nuire les ennemis naturels et les pollinisateurs.

Le T1 a pour substance active des extraits de plantes

Compte tenu des dangers que présente l'utilisation des insecticides synthétiques, de nombreuses recherches sont axées sur l'utilisation des extraits des plantes douées des propriétés anti-insectes et dont les effets indésirables n'ont pas été signalés chez l'homme (Isman, 2000). Il s'agit souvent de plantes consommées dans l'alimentation humaine, par exemple comme condiment ou épice ou des plantes à activité médicinale. A cause du coût élevé des produits chimiques de protection des denrées et pour pallier les pertes post-récoltes, les producteurs utilisent des techniques alternatives telles que : le séchage en plein air, le séchage au-dessus d'un foyer par fumage, l'emploi des substances végétales et minérales (terres des diatomées), l'utilisation des huiles végétales au cours du séchage (Giles, 1964 ; Stoll, 1988 ; Bell et al., 1998 ; Stoll, 2000 ; Boeke et al., 2004).

De nombreuses espèces végétales sont utilisées traditionnellement pour la protection des denrées, c'est le cas du margousier ou neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) (Meliaceae) dont les composés isolés ont été testés (Akou Edi, 1993), des huiles d'arachide, de coton, de soja et de maïs (Stoll, 1988 ; Stoll, 2000). De nombreuses substances végétales se sont montrées comme des agents répulsifs, perturbateurs du développement des ravageurs ou insecticides, par de la plante entière ou certaines de ses parties (Giles, 1964 ; Lambert et al., 1985 ; Bekele et Hassanali, 2001 ; Bouda et al., 2001 ; Tapondjou et al., 2002 ; Arnason et al., 2002 ; Kim et al., 2003 ; Boeke et al., 2004). Les familles les plus prometteuses dans la protection des denrées au cours du stockage appartiennent aux familles des Meliaceae, Annonaceae, Labiatae, Rutaceae, Asteraceae, Canellaceae (Jacobson, 1989).

3 Matériels et méthodes

3.1 Lieux de l'essai

L'essai a eu lieu dans le verger de Massamba SAMB localisé à Notto Gouye Dama, arrondissement de la région de Thiès. C'est un verger de production bio, de 130 ha de superficie dont les 120 ha sont occupés par la variété Kent et les 10 ha par des agrumes.

3.2 Matériels

- Quatre produits ont été testés :
 - T1
 - T2
 - T3
 - T4
- Quatre pulvérisateurs d'une capacité de 1 litre chacune ont été utilisés pour traiter les mangues.
- Des cartons de couleurs différents pour étiqueter les fruits. Chaque produit est représenté par une couleur.
- Des attaches pour fixer les étiquettes autour des pédoncules des fruits.

3.3 Dispositif de l'essai au champ et déroulement des traitements

3.3.1 Essai au champ

Trois blocs ont été suivis (figure 8 annexe). Chaque bloc est constitué de 9 lignes à raison de 9 pieds par ligne, distantes de 9m entre lignes et entre les arbres. Une ligne témoin est choisie par bloc et les lignes traitées sont intercalées de lignes non traitées. Chaque bloc est séparé du suivant par 9 lignes de trois arbres.

- Choix des pieds et l'étiquetage

Sur une ligne le choix porte sur trois arbres séparés par 2 arbres qui ne sont pas traités.

- Préparation des solutions et pulvérisations

Chaque produit est mélangé à un litre d'eau :

- T1 : 3 ml de solution par litre d'eau
- T2 : 3 ml de solution par litre d'eau
- T3 : 0,3ml solution par litre d'eau
- T4 : 60g de produit par litre d'eau

Les bouillies ont été pulvérisées autour des fruits en raison d'un produit par ligne. Les fruits à pulvériser ont été au nombre de 10 par arbre. Le premier arbre traité porte les fruits 1 à 10, le deuxième les fruits 11 à 20 et le troisième les fruits 21 à 30 par bloc.

3.3.2 Déroutement des traitements au champ

Les traitements au champ ont duré 8 semaines. Toutes les mangues soupçonnées d'avoir été piquées ont été cueillies et suivies pour confirmer ou infirmer qu'elles ont été infestées par *B.invadens*, après un suivi effectué au laboratoire. Les autres fruits mûrs ont été également recueillis et suivi à la fin de l'essai. Huit pulvérisations ont été effectuées, durant la période du 16/06/2012, date de démarrage du suivi au 04/08/2012, correspondant à la fin de l'essai terrain.

Parallèlement, la courbe d'évolution des infestations dues à *Bactrocera* et *Ceratitis* a pu être suivie afin de mesurer l'intensité des attaques dans le verger, à l'aide de pièges à sec TePhriTrap contenant des attractifs sexuels (Terpinyl acétate, Méthyleugénol, et Trimedlure) et attirant essentiellement les mâles. Les périodes de traitements ont été :

- Traitement1 : le 16/06/2012
- Traitement2 : le 23/06/2012
- Traitement3 : le 30/06/2012
- Traitement4 : le 07/07/2012
- Traitement5 : le 14/07/2012
- Traitement6 : le 21/07/2012
- Traitement7 : le 28/07/2012
- Traitement8 : le 04/08/2012

Après 8 traitements la majorité des mangues ont été jugées mûres et ont été cueillies et suivies au laboratoire.

3.4 Déroutement des essais au laboratoire

Les suivis au laboratoire comprennent trois séquences :

3.4.1 La première séquence

Elle a consisté à faire des tests de préférence de ponte où chaque produit a été comparé au témoin (figure 1). Le protocole s'est articulé ainsi :

- 5 cages de 50x50x50 cm pour chaque test
- Chaque cage renfermant 8 fruits matures dont 4 traitées et 4 témoins et 25 couples de mouches gravides.
- Elevage. Au bout de 48h d'exposition, les 8 mangues exposées ont été incubées dans des seaux en plastiques afin d'identifier les mangues infestées.

La cage a été l'unité expérimentale et le dispositif expérimental était composé de cinq cages qui constituent autant de répétitions. Ainsi, pour les tests des 4 produits prévus, il a fallu exactement 20 cages de 50x50x50 cm.

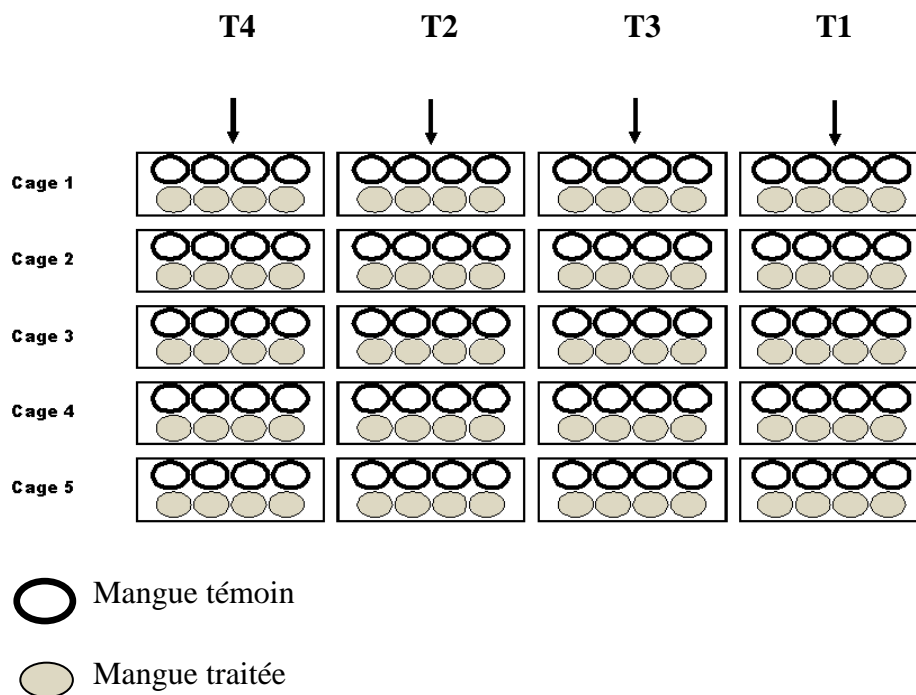


Figure 1: Tests de préférence de ponte de *Bactrocera invadens* à partir de mangues traitées

3.4.2 La deuxième séquence

Elle a consisté à comparer la préférence de ponte entre les 3 produits testés (figure 2). Le protocole s'est articulé ainsi :

- 5 cages de 50x50x50 cm pour le test
- Chaque cage renfermera 4 fruits matures dont 3 seront traitées et 1 témoins et 25 couples de mouches gravides.

- Au bout de 48h d'exposition, les 4 mangues exposées sont incubées dans des seaux en plastiques pour déterminer celles qui ont été infestées.

La cage a été l'unité expérimentale et le dispositif expérimental était composé de cinq cages qui constituaient autant de répétitions. Ainsi, pour les tests des 3 produits prévus, il faudra exactement 5 cages de 50x50x50 cm. Chaque test sera répété au moins 2 fois.

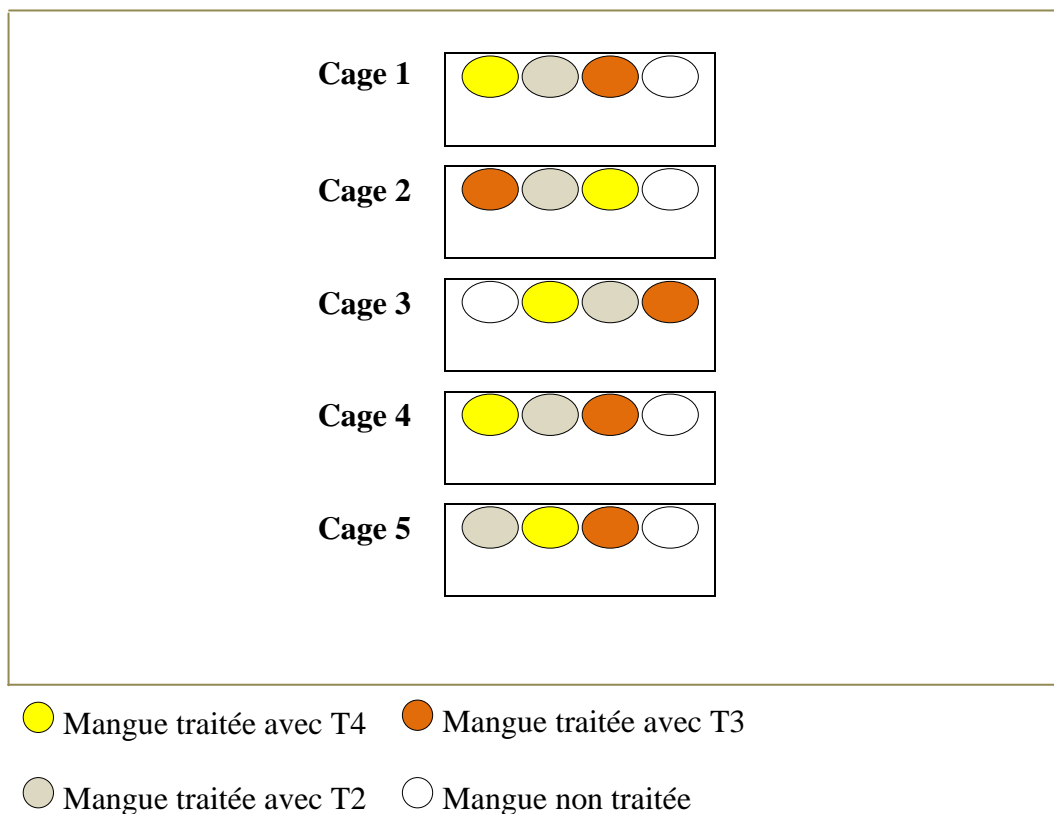


Figure 2: Tests de comparaison de la préférence de ponte de *Bactrocera invadens* sur mangues traitées à partir des 3 produits.

Nota : T1 s'étant révélé un insecticide dans la première séquence, il a été retiré de cette séquence

3.4.3 La troisième séquence

Elle visait à mesurer l'effet sur la mortalité de la pulvérisation directe des produits à tester (T1, T2, T4 et T3).

Etant donné des contraintes rencontrées lors de la production des mouches (voir 3.5) une seule répétition a pu être effectuée. L'apport alimentaire usuel a été maintenu.

3.5 Les contraintes rencontrées au cours de l'essai

Les contraintes se situent à trois niveaux :

- les ouvriers
- les animaux
- les pluies.

La plupart des mangues marquées ont été cueillis (ou dérobées) par les ouvriers lors de la récolte pour l'export qui a débuté 9 jour après le début de l'essai, ceci malgré une forte sensibilisation. Ainsi sur 450 mangues marquées, 206 seulement ont pu être recueillies au terme de l'essai. Ce nombre a été cependant suffisant pour permettre une analyse correcte des données recueillies. Les chauves souris et les oiseaux ont également consommé quelques mangues.

L'essai a coïncidé avec la saison des pluies. Il est arrivé que les traitements soient interrompus par la pluie ou qu'après traitements des pluies lessivent les produits.

Par ailleurs il faudrait noter qu'au laboratoire, vers la fin des essais; des contraintes ont été rencontrées pour assurer une multiplication continue des populations de mouches et qui sont :

- La fréquence des moisissures sur les papayes et bananes exposées aux mouches des fruits qui ne permettait pas de collecter les quantités de pupes et mouches souhaitées, qui nous ont empêchés de répéter les essais ;
- La difficulté de retrouver les variétés de papayes souhaitées pour la multiplication des mouches.

4 Résultats

4.1 Tests de préférence de ponte de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) au champ

La figure 3 ci-dessous représente les pourcentages de mangues piquées en fonction des traitements. Quatre groupes se dégagent.

- Les mangues traitées au T4 se sont le mieux comportées
- Le témoin s'est mieux comporté que T2 et T3
- Ensuite viennent celles traitées avec T2 et T3
- Enfin, les mangues traitées au T1 ont été les plus piquées.

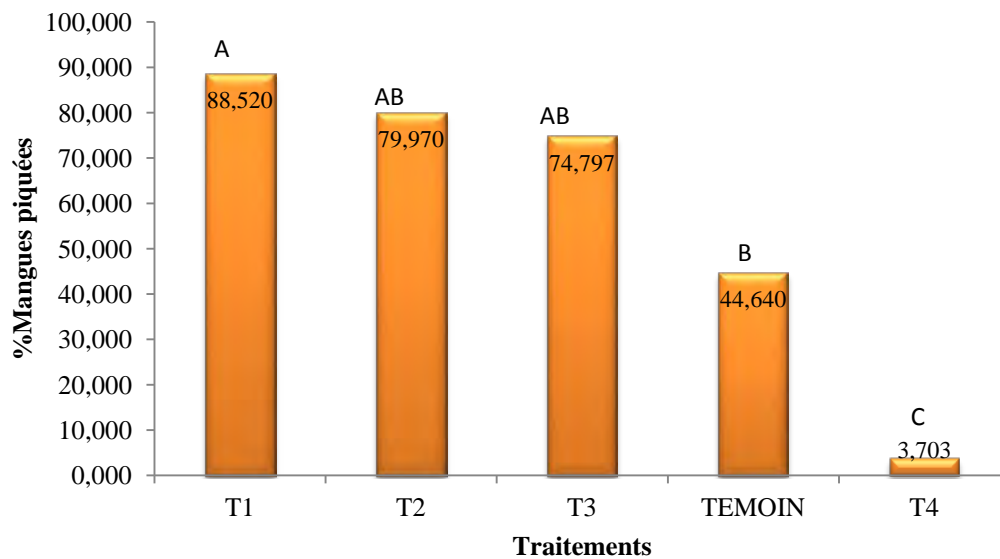


Figure 3: Préférence de ponte de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) au champ en fonction des traitements à Notto du Sénégal.

Nota : le long de la colonne, les valeurs moyennes présentant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Test Newman-Keuls (SNK) : analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %).

L'analyse de la figure 5 montre que la pluviométrie a un impact négatif sur l'efficacité de T1, T3 et T2. Son impact sur T4 a été pratiquement nul, d'où l'efficacité constatée de ce produit sur le terrain.

4.2 Evolution hebdomadaire de la préférence de ponte des mouches au champ

La période de notre essai a été marquée par la prédominance progressive de *B. invadens* au détriment des autres populations avec toutefois une persistance de *C. cosyra* (figure 4). Elle était donc favorable à l'étude de la préférence de ponte de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) dont les populations explosent dès l'apparition des premières pluies. Avant cette période, et surtout durant la saison sèche, ce sont les populations de *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis sylvestrii* et *Ceratitis capitata* qui prédominent.

L'évolution hebdomadaire de la préférence de ponte a donc été étudiée particulièrement sur *B. invadens* et dans une moindre mesure sur *C. cosyra*.

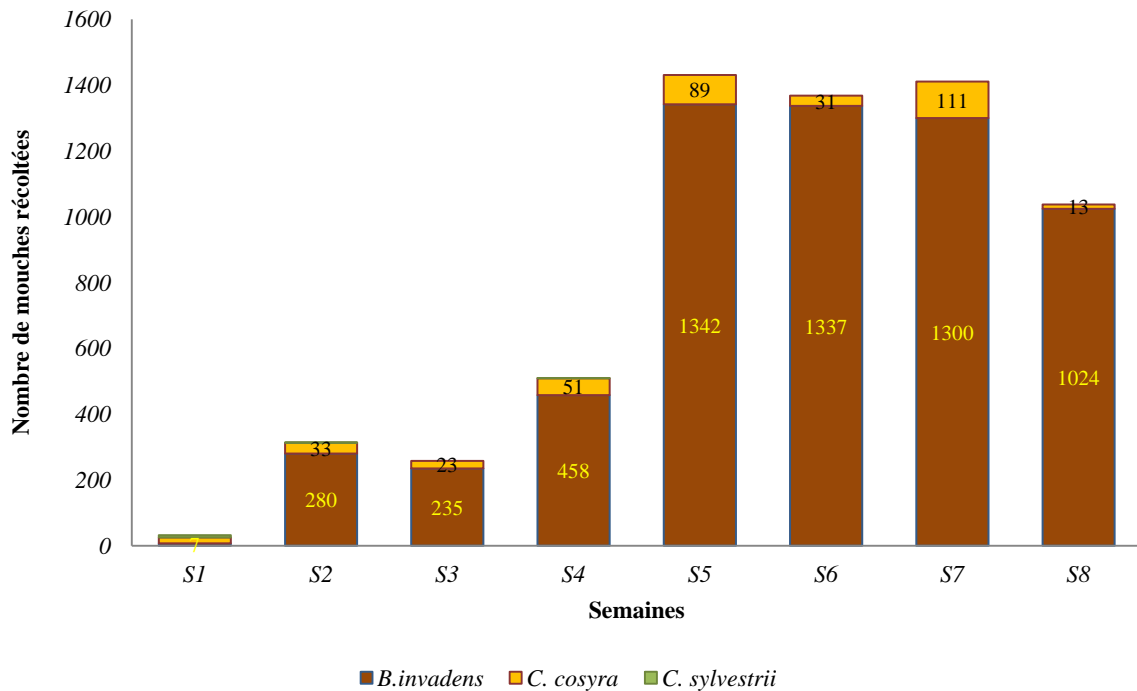


Figure 4: Evolution de la population des mouches au champ durant la période de l'essai à Notto du Sénégal

Nota : S1 : 16 au 23/06/2012 ; S2 : 24 au 30/06/2012 ; S3 : 01 au 07/07/2012 ; S4 : 08 au 14/07/2012 ; S5 : 15 au 21/07/2012 ; S6 : 22 au 28/07/2012 ; S7 : 29/07/2012 au 04/08/2012 ; S8 : 05/ au 11/08/2012

B. invadens : *Bactrocera invadens* ; *C. cosyra*: *Ceratitis cosyra*; *C. sylvestrii*: *Ceratitis sylvestrii*.

4.2.1 Préférence de ponte de *Bactrocera invadens*

L'évolution hebdomadaire de la préférence de ponte de *Bactrocera invadens* (Drew et al.,) en fonction des traitements a été notée. Cette évolution a été mise en perspective avec celle des populations des mouches des fruits suivies régulièrement à Notto Gouye Diamo dans le cadre du projet PDMAS par l'équipe de J.-Y. Rey (Figure 4).

Il convient de noter que le développement de *B. invadens* est étroitement lié à l'apparition et l'intensité de la pluviométrie (Figure 5). L'évolution du nombre de mangues piquées suit également la même tendance dans notre aire d'essai. Néanmoins comme on l'a constaté plus haut (figure 3), certains traitements se sont mieux comporté face aux attaques de *B. invadens* que d'autres.

Les mangues traitées avec T1 ont été les premières à être piquées (1 mois après le démarrage des traitements et une semaine après l'apparition des premières pluies à Notto Gouye Diama). Nous avons par ailleurs constaté que T1 agissait comme un attractif vis-à-vis des mouches qui après traitements des mangues venaient s'y poser. Les mangues traitées avec T2 ont également commencé à être piquées très tôt. La même tendance a été observée avec le T3 mais dans une moindre mesure en termes d'intensité des attaques. Il est probable que sans les pluies, T3 aurait donné de meilleurs résultats. Les mangues traitées avec T4 n'ont commencé à être attaquées (deux mangues piquées) qu'à la fin de l'essai.

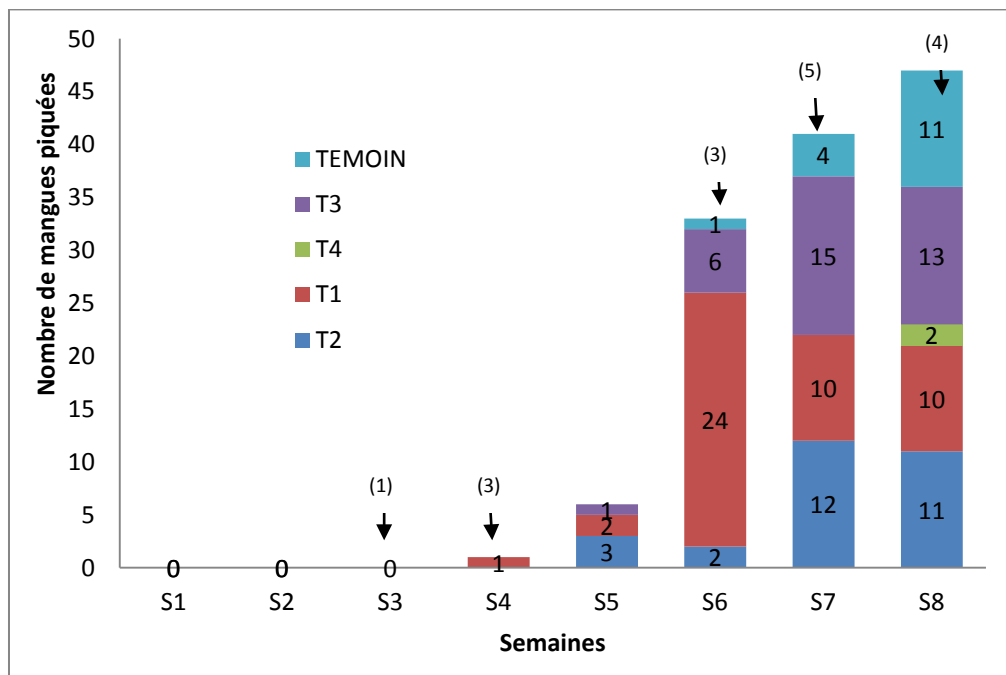


Figure 5: Evolution de la préférence de ponte de *B. invadens* au champ en fonction pluies à Notto du Sénégal

Nota :

S1 : 16 au 23/06/2012 ; S2 : 24 au 30/06/2012 ; S3 : 01 au 07/07/2012 ; S4 : 08 au 14/07/2012 ; S5 : 15 au 21/07/2012 ; S6 : 22 au 28/07/2012 ; S7 : 29/07/2012 au 04/08/2012 ; S8 : 05/ au 11/08/2012 ; Les flèches indiquent les périodes de pluies et les chiffres entre parenthèse le nombre de pluies observé durant la semaine.

4.2.2 Préférence de ponte de *Ceratitis cosyra* (Walker)

2 mangues traitées au T1 ont été piquées à la 7^{ème} semaine de l'essai par *Ceratitis cosyra*.

4.3 Tests de préférence de ponte de *B. invadens* à partir de mangues traitées au laboratoire

Durant les 48 heures d'exposition, les mangues traitées par T3 n'ont pas été attaquées (figure 6). Le taux d'attaque a été plus important au niveau de T4 (25 %). Les tests de comparaisons des moyennes des mangues piquées en fonction des traitements (Fisher / LSD au seuil de 5 %) ont montré des différences significatives entre T4 d'une part et T3 et T1 d'autre part.

Notons que T1 a eu une action insecticide de contact au cours de l'essai. En effet, bien que 15 % des mangues traitées par ce produit aient été piquées, on a observé quatre heures après l'exposition, une mortalité qui a atteint 90 % au bout de 24 heures et les mangues non traitées n'ont pas été piquées.

Ce test a donc permis de classer T1 parmi les produits insecticides et T3, T2 et dans une moindre mesure T4 parmi les répulsifs. Les mangues traitées au T3 n'ont pas été piquées; ceci pourrait être dû à un effet répulsif de ce produit.

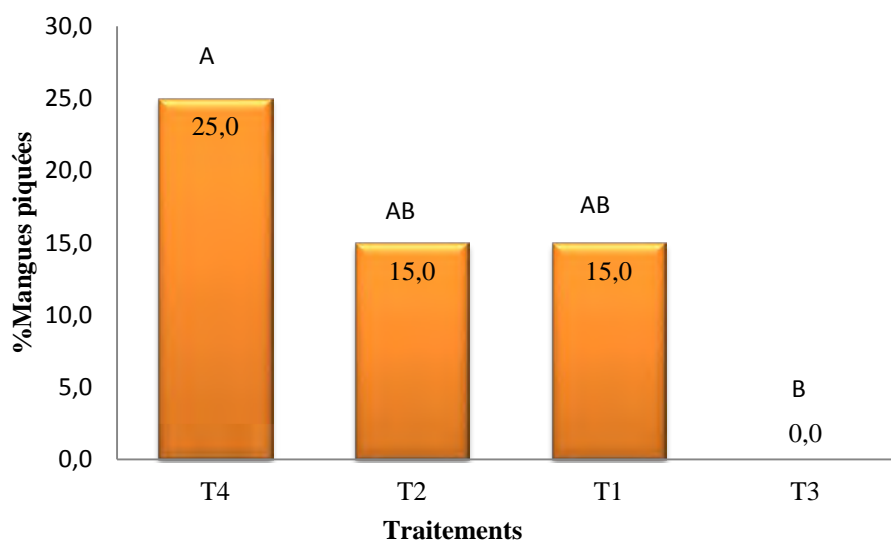


Figure 6: Pourcentage de mangues piquées par *B. invadens* en fonction des traitements au laboratoire

Nota :

Le long de la colonne, les valeurs moyennes présentant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (Test de Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %)

4.4 Tests de comparaison de préférence de ponte de *B. invadens* sur mangues traitées à partir de 3 produits au laboratoire

Aucune mangue n'a été piquée au cours de l'essai, y compris le témoin. Cet effet est peut-être dû à l'effet répulsif de T3 puisque dans l'essai précédent, aucune mangue traitée par ce produit n'a été infestées par *B. invadens*.

4.5 Effet de la pulvérisation directes des produits sur les mouches

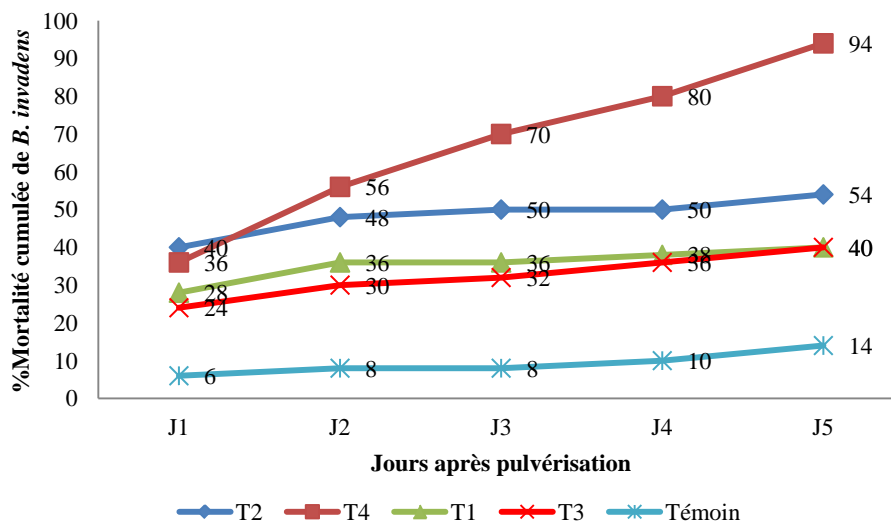


Figure 7: Taux de mortalités observées après pulvérisation direct des traitements sur la mouche des mangues *Bactrocera invadens* au laboratoire

Tous les produits appliqués directement sur les mouches ont eu une action insecticide mais à des degrés divers, T4 et T2 se sont montrés plus actifs contre la mouche en pulvérisation directe avec respectivement 94% et 54% de mortalité cumulée au bout 5 jours après traitement. Il faudrait cependant noter que les produits d'origines végétal T1, T2 et T3 ont un taux de mortalité qui est presque similaire à celui du témoin après 48h (figure 7).

5 Discussions

Les différents résultats obtenus par les produits testés ont montré des performances qui sont fonction de leurs compositions et des conditions d'expérimentations.

Au champ, pour l'ensemble des produits le T4 a été le plus performant avec un taux d'infestation de seulement de 3,7%. La substance active du T4 est le kaolin qui est une argile blanche, mélangé à l'eau et pulvérisé autour des fruits forme une pellicule blanche et possède

un effet répulsif contre les mouches. La pellicule du kaolin interfère avec la reconnaissance visuelle et tactile du ravageur (Boisclair et al.,). Des produits à base de kaolin qui est la substance active du T4 ont donné des résultats similaires contre la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Gmelin) en 2005 en France. Par ailleurs le T4 a été homologué au Canada pour diminuer les dommages causés par différents ravageurs, dont la mouche de la pomme.

La couche hautement réfléchissante blanchâtre formée par le T4 protège les végétaux en réduisant les dommages occasionnés par les insectes qui consomment les feuilles et les fruits et en réduisant la déposition d'œufs sur les plantes. Plusieurs mécanismes de protection sont en cause. En effet, la pellicule poudreuse sert à masquer la plante hôte, si bien que l'insecte nuisible ne pourra pas l'identifier. De plus, cette couche poudreuse rend les plantes peu intéressantes et désirables pour l'insecte. Si l'insecte reconnaît quand même le fruit ou la plante, les particules d'argile du kaolin se colleront à l'insecte lorsqu'il se posera sur la plante, ce qui l'agitera et l'incitera à se rendre à une autre plante plus attrayante. En plus le T4, par ses propriétés physiques (la couleur) et les améliorations qui lui ont été apportées (la calcination), résiste aux conditions météorologiques défavorables.

La calcination de l'argile un passage à + de 1000°C élimine la présence des molécules d'eau dans les feuillets d'argile, elle permet d'étirer ces feuillets d'argile et de diminuer ainsi leur surface spécifique (de 22 à 13 m²/gramme). Cela augmente la capacité d'absorption d'huile ou d'eau, donc l'amélioration au lessivage, aux chocs thermiques et aux UV à cause sa couleur blanche (ROMET.L., 2005).

Ainsi, malgré les pluies la couleur blanche du produit persiste avec la répétition des traitements sur les mangues. Les mouches ne parviennent plus à reconnaître les mangues et même dans le cas où elles les auraient reconnus, dissuadées par la couleur blanchâtre et les particules de l'argile, elles cherchent d'autres alternatives.

Au test de préférence de ponte le taux relativement élevé de mangues infestées serait dû au fait que les mangues exposées sont mûres leurs surfaces sont lisses, lors du trempage le produit glisse sur la mangue et ne couvre pas entièrement cette dernière, seules quelques taches blanches subsistent sur la mangue. Les parties des mangues qui ne sont couvertes par l'argile ont ainsi servi de point de pontes pour les mouches.

L'effet confinement a pu également agir sur le comportement des mouches pendant cette séquence. Les mouches sont confinées dans les cages, contrairement au champ où elles ont d'autres alternatives. Par la présence prolongée des mangues, les mouches se seraient habituées

à la couleur blanche qui ne les dissuadait plus, elles se posent sur les mangues à la recherche de points adéquats non couverts par l'argile et introduisent leurs œufs. Ce qui nous a poussés à mettre l'accent sur l'effet barrière physique pour le test de comparaison de préférence de pontes. Nous avons pulvérisées 3 fois de suites avec des intervalles de 30 mn les mangues pour s'assurer qu'elles soient entièrement recouvertes par la pellicule de kaolin. De ce fait la pellicule de kaolin s'était bien formée autour de la mangue et devenait une barrière mécanique et visuelle. Également l'effet répulsif de mangues traitées noter avec le T3 auquel il était associé lors de cette séquence a du jouer sur le résultat.

Avec la pulvérisation directe les mouches qui ont été pulvérisées avec le T4 ont présenté le plus fort taux mortalité cumulé en 5 jours après pulvérisation. En effet la pellicule d'argile adhère par la pulvérisation sur la cuticule de la mouche devenant ainsi un surpoids pour l'insecte. Par la suite, le mouvement, l'alimentation et les autres activités physiques des insectes sont sévèrement limités par l'attachement des particules de kaolin sur leur corps.

Le T3 dont la substance active est constituée d'extraits d'oranges purifiés et *Trichoderma harzianum* est répulsif pour *B.invadens*. Sa maigre performance au champ serait liée aux pluies qui lavent le produit et laissent les mangues sans protection. Par ailleurs les résultats au laboratoire peuvent confortés cette hypothèse, en l'occurrence ceux obtenus à l'exposition pour la préférence de ponte et à la comparaison de préférence de pontes, ou aucune mangue traitée avec ce produit n'a été infestée.

Avec la Pulvérisation directe le T3 a montré un effet insecticide. Selon (Jamar et al., 2010) « les extrait d'écorces d'oranges purifiés contiennent des monoterpènes dont du d-limonène et des terpènes dont l'action est connue pour dégrader les corps gras. Il aurait ainsi la propriété de perturber la perméabilité de l'exosquelette des insectes. Compte tenu de ce mode d'action, ce produit agit uniquement par contact. Sur insectes, l'efficacité est liée à l'épaisseur de la cuticule : les insectes à corps mous ou les larves jeunes sont les cibles privilégiées ».

L'autre composant du T3 le *Trichoderma* lui, parasite ses hôtes en utilisant des bobines de préhension et de crochets qui pénètrent dans leurs parois cellulaires, aidé par l'activité hydrolytique de chitinases et glucanases. Chitinases et glucanases peut aussi dégrader la cuticule des insectes, composée principalement de chitine (Gonzalez et al.2012).

Cependant cette action insecticide du T3 aurait une durée limitée sur *B.invadens* compte tenu de la stabilisation de la mortalité observée 48h après la pulvérisation sur mouches (Figure 7).

La substance active du T1 est constituée d'extraits de plantes.

Les extraits de plantes ont différent mécanisme et spectre d'action. Ils peuvent attaquer le système nerveux, avoir un large spectre d'efficacité et une action rapide de courte durée.

Au champ le produit à base d'extraits de plantes (T1) s'est montré le moins efficace et aurait un effet attractif sur les mouches. L'infestation des mangues traitées avec ce produit a débuté et augmentée avec les pluies qui lessivent le produit et laissent les mangues sans protection.

Durant le test de préférence de ponte, seules les mangues traitées ont été infestées les témoins qui les accompagnés étaient indemnes conformément à l'hypothèse que le produit attire les mouches. En même temps le taux mortalité moyenne par cages avait atteint 76,4% dont une cage avec 90% de mortalité en 48 heures d'où l'hypothèse d'un insecticide de contact. Durant la pulvérisation directe, la cage pulvérisée avec le T1 a eu une mortalité significative que pendant 48 heures. Par la suite le taux de mortalité était devenu constant et avait la même évolution que celui du témoin. Ce qui fait dire que l'effet insecticide de contact est de durée réduite.

Le fort taux d'infestation des mangues traitées avec T2 au champ était lié à la pluie qui lessivait les produits et laissait les mangues exposées aux piqures des mouches. Le produit développe un film plastique tout autour de la mangue constituant ainsi une barrière physique. Il gonfle également au contact de l'eau formant une couche gluante qui constitue un piège pour les mouches, mais avec les fortes précipitations noter durant les traitements au champ il était probablement entièrement lavé entre deux traitements.

Au laboratoire, durant le test de préférence de ponte le taux d'infestation relativement élevé laisse penser que l'effet répulsif attendu était peut important bien que toutes les mangues n'ont pas été infestées. En effet la barrière physique constituée peut ne pas entièrement couvrir le fruit. L'absence de mangues infestées pour ce produit pendant le test de comparaison de préférence de pontes au labo serait due à l'effet synergie. En l'associant avec le T4 et le T3 qui tous les deux s'étaient montrés répulsifs, il est évident que les mangues traitées au T2 ont pu être protégées par ces deux produits. Son effet insecticide en pulvérisation directe est également moyennement intense 54% de mortalité en 5 jours (figure 7). Par ailleurs cet effet insecticide a été noté chez la mouche blanche ou l'alginate de propylène glycol a prouvé un effet insecticide de contact contre toutes les espèces importantes de parasite d'aleurode, en particulier sur *Bemisia tabaci*. Mais son action serait de courte durée, ne dépassé pas 48 heures (figure 7).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les essais au niveau des champs à Notto Gouye Diama se sont révélés être les plus concluants. On peut considérer à ce niveau que T4 a été le plus efficace des produits avec seulement 3,7 % d'attaques sur les mangues traitées avec ce produit. Nous avons synthétisé dans le tableau 1 ci-dessous l'efficacité des produits testés au champ et au laboratoire.

Tableau 1: Mode d'action et efficacité des produits testés au champ et au laboratoire

Produit	Mode d'action		Efficacité	
	Champs	laboratoire	Champs	laboratoire
T4	Semble répulsif	Semble peu répulsif Semble avoir un effet insecticide quand il est pulvérisé sur les mouches	Semble efficace	Semble moins efficace en condition de laboratoire
T3	N'empêche pas les piqûres de mouches	Semble avoir un effet répulsif et légèrement insecticide par pulvérisation sur les mouches	Plus ou moins efficace	Semble efficace
T1	N'empêche pas les piqûres de mouches Semble même avoir un effet attractif sur les mouches	Semble avoir un effet attractif sur les mouches Semble être un insecticide quand il est pulvérisé sur fruit et sur les mouches	Plus ou moins efficace	Plus ou moins efficace
T2	N'empêche pas les piqûres de mouches	Semble peu répulsif Semble avoir un effet insecticide moyen quand il est pulvérisé sur les mouches	Plus ou moins efficace	Plus ou moins efficace

En définitive :

Les traitements effectués sur le terrain, laissent entrevoir que :

- T4 est le produit qui s'est comporté le mieux vis-à-vis des piqûres des mouches.
- T3, T2 et T1 n'ont pas pu empêcher les piqûres de mouches puisque de forts taux d'infestation des mangues par *B. invadens* ont été observés.

- T1 semble avoir un effet attractif puisqu'il a été observé la présence de mâles comme des femelles de *B. invadens*, ainsi que celle d'une autre espèce, *Ceratitis cosyra* sur les mangues traitées au champ.

Les essais au laboratoire ont été moins concluants. Au cours des essais sur les tests de préférence de ponte, T1 a semblé se comporter comme un insecticide mais il est en même temps attractif des mouches. Ce produit pourrait être intéressant comme produit de type « attract and kill » ; toutefois lors des essais sur l'impact de la pulvérisation directe de ce produit sur les mouches en cage, la mortalité a été moyenne. T4 et T2 se sont montrés plus actifs contre la mouche en pulvérisation directe avec respectivement 94 % et 54 % de mortalité cumulée, 5 jours après le traitement (figure 7).

T3 semble néanmoins prometteur bien qu'il se soit moins bien comporté aux champs, ceci étant peut être lié au lessivage par les eaux de pluies.

En perspective et pour mieux se fixer sur les effets répulsifs et/ou insecticides de ces produits une dose efficace doit être trouvée et retenue. D'où la nécessité d'effectuer de nouveaux tests en screening au laboratoire et/ou des tests de « attract and kill » pour T1 au champ. Pour T2 et T3 l'accent devrait être mis sur le caractère hydrophobe des produits afin d'améliorer leur efficacité au verger en période pluvieuse et leur rémanence vu que leurs durée d'action est courte. Par ailleurs T4 s'étant révélé très prometteur, il convient de passer très rapidement, si économiquement intéressant, à des tests de validation/homologation puis à des essais de vulgarisation afin de mettre à la disposition des producteurs un outil efficace pour lutter contre *B. invadens*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie

ABDOULAYE NDIAYE & EL HADJI OMAR DIENG 2012: Initiatives de lutte contre les mouches fruits au Sénégal Période: 2004-2011 DPV-PIP-USAID et USDA vol.34 ; 3-5p

Anonyme, 2006 : La chaîne de valeurs mangue au Sénégal. Analyse et cadre stratégique et d'initiatives pour la croissance de la filière. (USAID/SAGIC IQC No. 685-I-01-06-00005-00). 90 pp.

Glenn D. M., Puterka G., Vanderzwet T., Byers T., Feldhake C., 1999. Hydrophobic particle films: a new paradigm for the suppression of arthropod pests and plant diseases. J. Econ. Entomol. 92, 751-771

Ivonne Gonzalez, Danay Infante, benedicto Martinez, Yailen Arias, Noyma Gonzalez, Ileana Miranda, Belkis Peteira., 2012. Induction de chitinases et glucanases dans *Trichoderma* spp. Souches destinées à la lutte biologique.

J. CARON, L. LAVERDIERE, P.O. THIBODEAU ET R.R. BELANGER 2002. Phytoprotection, n° 2, p. 73-87.

Jean-François Vayssières, Antonio Sinzogan, Appolinaire Adandonon : Projet Régional de Lutte Contre les Mouches des Fruits en Afrique de l'Ouest (Principales méthodes de lutte intégrée contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest) fiche n°= 6, 4pp.

JOSEE BOISCLAIR¹, GENEVIEVE LEGAULT² ET KATRINE A. STEWART²., 2006. Efficacité du kaolin pour lutter contre la chrysomèle rayée du concombre dans les cucurbitacées.

MBAYE NDIAYE ET MAMADU DABO 2007 : Guide pratique de lutte contre les mouches des fruits dans les vergers de mangue au Sénégal vol 30,7-8P

NDIAYE, M., 2006. Situation et gestion extensive intégrée des mouches des fruits 13p.

Note d'information du FANDC., 2010. Approche coordonnée mobilisant toutes les parties prenantes pour lutter contre la mouche des fruits en Afrique de l'Ouest. n°4, 2p

Ndiaye, M. ; 2006. Memo sur la situation des mouches des fruits au Sénégal. Direction de la protection des végétaux. (MDRA). 9 pp.

Ndiaye, M.; Niang, M.; Badji, F. & Dioh, S., 2006. Rapport de synthèse des missions de contact (Comité de Lutte contre les Mouches des Fruits). République du Sénégal, Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique Rurale et de la Sécurité Alimentaire / USAID. Septembre 2006. Doc. 17 pp.

Vayssières, J. F., 2004. Rapport de mission sur une formation générale sur les Tephritidae du manguiier au Sénégal. COLEACP/PIP, CERES/DPV, Dakar, Sénégal, 31pp.

ROMET L., 2005. Protection automnale contre le puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea*) en agriculture biologique. AFPP, 7e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier, 26 et 27 octobre 2005.

Stanley, D., 1998. Particle films, a new kind of plant protectant. Agricultural Research Magazine 46:11. USDA Agricultural Research Service.

Ternoy, J., J.E. Austin, Christophe Poublanc, Massamba Diop, Patrick Nugawela, Simon Dioh., 2006. La chaîne de valeurs mangue au Sénégal analyse et cadre stratégique d'initiatives pour la croissance de la filière 90pp.

Webographie

Bayer AKTIENGESELLSCHAFT. Bruxelles, le 21 septembre 1983. (En ligne) 12p Brevet Européen n° : 4165512.
<http://epatras.economique.fgov.be/DisplayPDF/ExtraData/FR/5017/514335.pdf> (Page consulté le 18/10/2012)

BIOPHYTECH., 2011. Limosain engrais organique enrichi en extraits d'orange et de trichoderma (En ligne) 2p. <http://biotech.fr/pdf/plaquettes/français/limosain.EV.pdf> (Page consultée le 12/10/2012). 2pp

BRUNSWICK ., 2009. Surround un produit phytoprotecteur pour les producteurs de fruits, légumes et les arbres à noix biologiques et conventionnels (En ligne) 4pp.
<http://www.gnb.ca/0174/01740008-fr-pdf> (Page 1 consultée le 04/10/2012)

Club Environnemental et Technique Atocas Québec (C.E.T.A.Q.). 2007. Étude d'efficacité de l'argile kaoline (Surround WP) pour lutter contre la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii* Riley) et détermination d'un protocole d'application judicieux de matières fertilisantes dans la production de canneberges biologiques. (En ligne) 30p.
http://www.organicagcentre.ca/Docs/Agri-reseau/Compostsurround_f.pdf (Page consultée le 18/10/2012)

DPV-PIP-USAID et USDA 2012. Fruits au Sénégal initiatives de lutte contre les mouches Période: 2004-2011 (En ligne) 34pp.
<http://www.afrifly.files.wordpress.com/2012/02/prc3a9sentation.3.pdf> (Page consultée le 04/10/2012)

DJOSSO , J., 2006 .Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *xylopia aethiopica* Dunal (Annonaceae) pour la protection des stocks de Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique. Master complémentaires 2006. (En ligne) <http://www.sopra-acro.admin.ch/f/bekamp.php>. (Page consultée le 05/10/2012)

Equiterre, 2009, Module10-chapitre20 » Produit phytosanitaire et pulvérisation », manuscrit du Guide de gestion globale de la ferme maraîchère et diversité, rédigé par Anne Weill et Jean Duval (En ligne) 12pp.
http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/MARAI_Chapitre_20produits_phytosanitaires.pdf (Page consultée le 19/10/2012)

GARCIN. A., 2009 L'argile kaolinite, une nouvelle méthode de lutte par barrière minérale protectrice contre le puceron vert du pêcher *Myzus persicae* Sulz. (En ligne) 7pp
<http://www.inra.fr/ciag/content/download/3273/29893/17-Garcin.pdf> (consultée le 18/10/2012)

HASSOUNA, F 2006. Etude des mécanismes de photo transformation de polymères hydrosolubles en milieu aqueux. THESE Présentée pour obtenir le grade de DOCTEUR D'UNIVERSITE, Spécialité : Chimie-physique (En ligne) 222 pp.
<http://tel.archives-fr/docs/00/71/74/37/PDF2006CLF2170.pdf> (Page consultée le 18 octobre 2012)

LAURENT JAMAR¹, DAVID GREBERT², CLAIRE AMIRAUX³, SANDRINE OSTE⁴, MARC LATEUR¹, 2010. L'extrait d'écorce d'orange comme produit de protection des plantes (En ligne) 5p. http://www.cebio.be/documents/Prev_B2_colloque%20mars%201010.pdf. (Page consultée le 12/10/2012) ;12pp.

Madoui, Mohammed-Amine 2009. Identification d'effecteurs du pouvoir pathogène et de voies métaboliques chez l'oomycète *Aphanomyces euteiches* par une approche génomique. (En ligne) 127pp. <Http://thesesups.ups-tle.fr/632/1/Madoui-Mohamed-Amine.pdf>(consultée le 19 Octobre2012)

NABIL, B (2007). Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite Mémoire de Magister Spécialité : Chimie Option : Pollution chimique et environnement Présenté à l'Université 20 Août 55, Skikda Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingéniorat Département des Sciences Fondamentales en (En ligne) 106pp. <http://www.univ-skikda.dz.pdf> (Page consultée le 18/10/2012)

Office des normes générales du Canada. Décembre 2009 et juin 2011 Systèmes de production biologique listes des substances permises. (En ligne) 42pp.
http://www.ota.com/pics/medias_photos.137.img_filement.pdf (Consultée le 04/10/2012)

RT Ctifl/Itab – Balandran, 2007. Session 2 Protection du verger contre les ravageurs : Barrière minérale / couleur blanche influent sur des phases clé de la vie des insectes. (En ligne) 22pp. <http://www.itabasso.fr/downloads/actes%20suite/session2protection.pdf> (Page consultée le 05 Octobre 2012)

VALLEE, F., 2007. Synthèse et caractérisation d'un hydrogel d'alginate pour la régénération du système nerveux central chez le rat (En ligne) 276 P. Thèse pour obtenir le grade de docteur doctorat de l'institut national polytechnique de Lorraine spécialités : génie des procédés et des produits Http://pegase.sed.inpl-nancy.fr/thèses/2007_VALLEE_F.pdf (Page consultée le 10 octobre 2012)

Wagner .P, 2006. Inert Reassessment: Propylene glycol alginate (CAS Reg.N° 9005-37-2).Mémoire (En ligne) 14pp. <http://www.epa.gov/opprd001/inerts/alginate.pdf>

Annexes

Disposition des blocs de manguiers

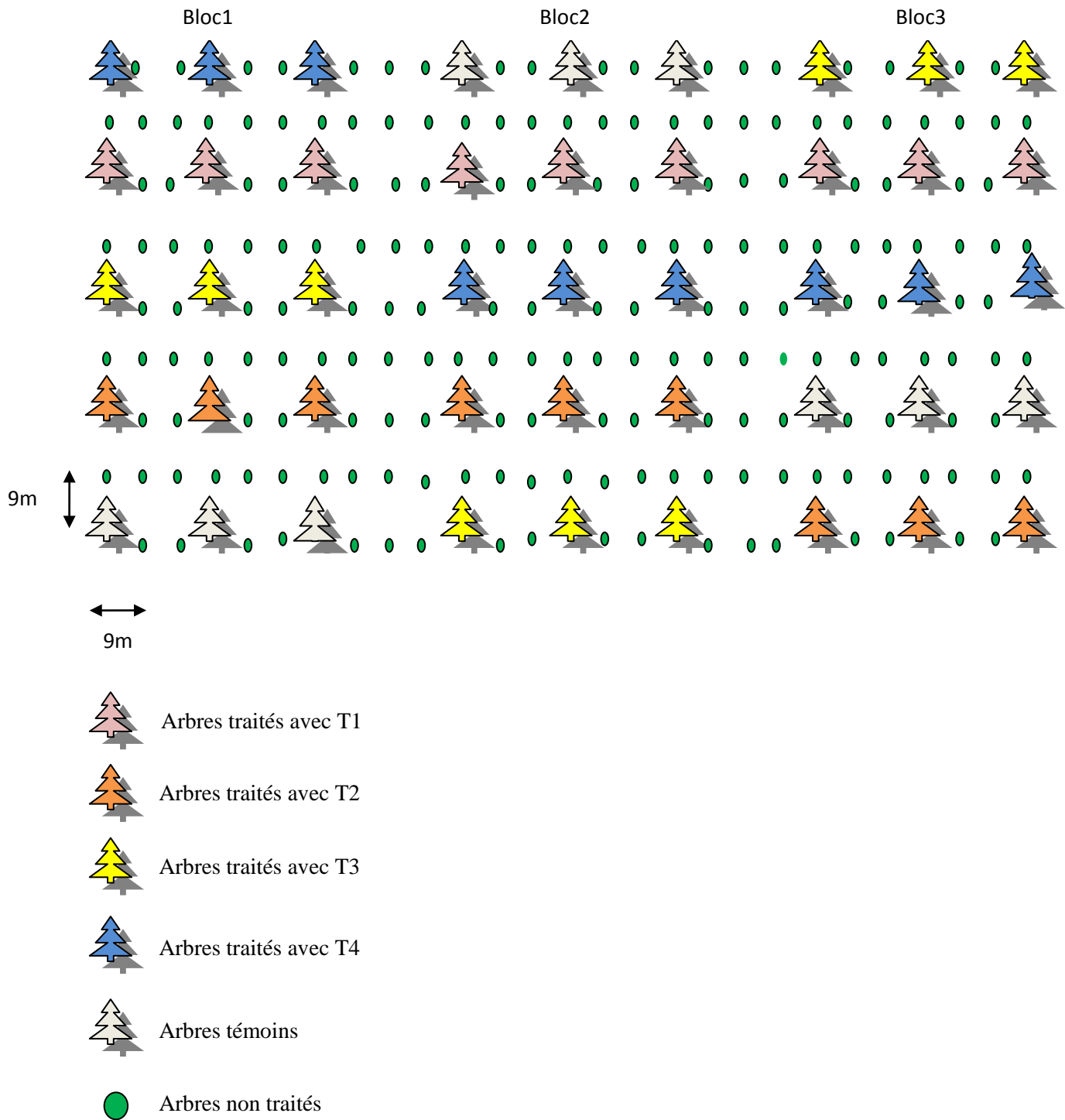


Figure 8: Les trois blocs de culture et le dispositif de traitement

1. Etiquetage, traitement et suivi des mangues au champ

Etiquetage et traitement



Figure 9: Aspect des manguiers dans un bloc de culture



Figure 10: Etiquettes indiquant les traitements



Figure 11: Pulvérisateurs et équipement de protection individuelle

Figure 12: a-b. Processus d'étiquetage des mangues traitées



a



b

2. Dispositif des tests au laboratoire

Processus de multiplication des mouches au laboratoire



a



b



c



Figure 13: a-c : Exposition des fruits aux mouches au laboratoire et larves dans les fruits piqués

Figure 14: Pupes extraites des fruits piqués

Cages pour les tests au laboratoire et suivi des mangues piquées par B. invadens



Figure 15: Cages pour les tests au laboratoire



Figure 16: Miel pour la nourriture des mouches

a



Figure 17: a Larves L3 sortants d'une mangue infestée ; b incubations de mangues infestées au laboratoire