



**HAL**  
open science

# Optimisation de la lutte biologique contre *Aphis gossypii* sur cucurbitacées à Mayotte par l'utilisation des plantes relais

Maureen Harvoi

## ► To cite this version:

Maureen Harvoi. Optimisation de la lutte biologique contre *Aphis gossypii* sur cucurbitacées à Mayotte par l'utilisation des plantes relais. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03579702

**HAL Id: dumas-03579702**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03579702v1>**

Submitted on 18 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

<p><b>AGROCAMPUS OUEST</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CFR Angers <input type="checkbox"/> CFR Rennes</p> <p><b>l'institut Agro</b> agriculture • alimentation • environnement</p> 	  <p>UNIVERSITÉ DE NANTES</p>	
<p><b>Année universitaire : 2020-2021</b></p> <p><b>Mention : Biologie végétale</b></p> <p><b>Parcours :</b></p> <p><b>Filières de l'Horticulture et Innovations</b></p>	<p><b>Mémoire de Fin d'Études</b></p> <p><input type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>	

# Optimisation de la lutte biologique contre *Aphis gossypii* sur cucurbitacées à Mayotte par l'utilisation des plantes relais

Par : Maureen HARVOI

***Soutenu à Angers le 29 septembre 2021***

***Devant le jury composé de :***

Président : Béatrice TEULAT

Maître de stage : Philippe RYCKEWAERT

Enseignant référent : Yann TRICAULT

Autres membres du jury

Emmanuel GEOFFRIAU, représentant du parcours FHI

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*



Ce document est soumis aux conditions d'utilisation  
« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »  
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier sincèrement Philippe Ryckewaert, mon maître de stage, qui m'a accompagnée, conseillée et guidée au cours de ces derniers mois. Je te tiens à le remercier chaleureusement pour m'avoir accordé sa confiance dans la réalisation de ce stage et pour m'avoir transmis son savoir et ses expériences sur les ravageurs des cultures à travers le monde.

Mes remerciements vont ensuite à l'ensemble de l'équipe du Cirad à Mayotte, VSC (Volontaires en Service Civique), stagiaire et assistantes administratives pour tous les moments de partage passés ensemble. Remerciements particuliers à Anaïs Carpente et Louis Maigné pour m'avoir accompagnée et épaulée lors de l'absence de mon maître de stage au cours des mois de Juin et Juillet.

Je souhaite ensuite remercier Yann Tricault, tuteur pédagogique de mon stage, pour son suivi tout au long des derniers mois. Merci d'avoir pris le temps de me conseiller pour la réalisation de ce rapport.

Enfin, je remercie l'ensemble des enseignants et intervenants que j'ai pu rencontrer au cours de ces deux années de Master au sein de la faculté des Sciences d'Angers et d'Agrocampus Ouest. Un grand merci pour m'avoir transmis toutes ces connaissances et cette réflexion autour des enjeux de l'horticulture française.



## Table des matières

<b>Préambule .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>I. Une technique de lutte biologique en essor : Les plantes relais .....</b>	<b>5</b>
a. Définition de la technique des plantes relais .....	5
b. Exemples d'utilisation de la technique .....	6
c. Avantages et limites de la technique .....	7
<b>II. Ravageur ciblé et hôte secondaire : <i>Aphis gossypii</i> et <i>Rhopalosiphum maidis</i> .....</b>	<b>8</b>
a. <i>Aphis gossypii</i> : Ravageur important en culture de cucurbitacées .....	8
b. Moyens de lutte contre <i>A. gossypii</i> à disposition des maraîchers .....	9
c. <i>Rhopalosiphum maidis</i> : Hôte alternatif potentiel dans la lutte contre <i>A. gossypii</i> en culture de cucurbitacées.....	10
d. Ennemis naturels potentiels des pucerons .....	11
<b>III. Dispositif expérimental suivi .....</b>	<b>12</b>
a. Élevage en cage de <i>Rhopalosiphum maidis</i> .....	12
b. Utilisation du maïs comme plante relais en culture de cucurbitacées .....	14
c. Démarche de l'analyse statistique des résultats obtenus .....	16
<b>IV. Présentation des résultats et discussion.....</b>	<b>17</b>
a. Présentation des résultats de l'essai obtenus .....	17
b. Discussion et analyse des résultats de l'étude.....	18
i. Cas de l'élevage de <i>R. maidis</i> .....	18
ii. Adaptation des protocoles suite aux difficultés rencontrées avec <i>R. maidis</i> .....	19
iii. Difficultés rencontrées lors de l'expérimentation.....	20
<b>Conclusion .....</b>	<b>21</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>23</b>
Liste sitographique .....	26



## Glossaire

**Auxiliaire** : Organisme vivant utile en productions végétales contribuant à limiter les pullulations de bioagresseurs (Deguine, 2019).

**Ennemi naturel** : Insecte prédateur ou parasitant un autre insecte, le plus souvent un ravageur des cultures (Ryckewaert et Rhino, 2017).

**Fumagine** : Maladie cryptogamique des plantes causée par un champignon qui se développe avec la production de miellat suite à la piqûre de pucerons. Ce champignon forme un feutrage noir sur les parties aériennes des plantes.

**Lutte biologique** : Méthode de lutte contre les bioagresseurs (ravageurs, maladies, mauvaises herbes) basée sur l'utilisation d'agents pathogènes antagonistes (prédateurs, parasitoïdes, etc.).

**Lutte chimique** : Méthode de lutte contre les bioagresseurs basée sur l'utilisation de produits phytopharmaceutiques d'origine chimique.

**Plan Ecophyto** : Engagement pris par le Gouvernement français sur la réduction de l'usage de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025 et sur la sortie du glyphosate d'ici fin 2020 pour les principaux usages et au plus tard d'ici 2022 pour l'ensemble des usages (Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation, 2021).

**Plante de service** : Plante disposée avant ou pendant, dans ou autour d'une culture pour lui apporter un ou des avantages (Ferre, 2016).

**Ravageur** : Insecte s'attaquant aux cultures et causant des dégâts impactant le rendement.

## Liste des abréviations

**Cirad** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

**RITA** : Réseaux d'Innovation et de Transfert Agricole



## Liste des figures

**Figure n°1** : Carte de Mayotte, 101<sup>ème</sup> département français, île située au sïen de l'archipel des Comores entre Madagascar et l'Afrique de l'Est.

**Figure n°2** : Le jardin mahorais (association de manioc, maïs et bananier) et logos du RITA à Mayotte.

**Figure n°3** : Exemples d'utilisation de la technique des plantes relais sous serre.

**Figure n°4** : *Aphis gossypii* – puceron polyphage des cultures maraichères.

**Figure n°5** : Cycle de vie d'*A. gossypii*.

**Figure n°6** : *Rhopalosiphum maidis* – puceron du maïs.

**Figure n°7** : Exemple de mise en place des cages d'élevage.

**Figure n°8** : Semis de maïs réalisés selon les indications données dans le protocole d'élevage des pucerons en cage.

**Figure n°9** : Plan d'essai de l'expérimentation menée au Lycée agricole de Coconi au sein de tunnels de 24m de long.

**Figure n°10** : Essai mis en place entre deux tunnels avec le rang de maïs (plante relais) au centre et, sur la droite, la planche de concombre de l'essai.

**Figure n°11** : Technique d'infestation utilisée.

**Figure n°12** : Suivi de population de pucerons sur la modalité témoin et la modalité plantes relais.

**Figure n°13** : Différents auxiliaires observés sur concombre dans les deux modalités.

**Figure n°14** : Dégâts causés par l'attaque d'*A. gossypii* sur la modalité témoin de l'essai.

**Figure n°15** : Plusieurs difficultés rencontrées lors de l'élevage en cage du puceron du maïs.

**Figure n°16** : *Lipaphis erysimi*, puceron du navet.

**Figure n°17** : *Lipaphis erysimi*.

**Figure n°18** : Colonie de cicadelles observée sur le rang de maïs de l'essai.

**Figure n°19** : L'ambrevade (pois d'Angole), légumineuse cultivée à Mayotte et hôte d'un puceron noir, qui pourrait être utilisée comme plante relais à la place du maïs.



## Liste des tableaux

**Tableau n°1** : Les différents prédateurs des pucerons observés à Mayotte en maraîchage.

**Tableau n°2** : Les différents parasitoïdes s'attaquant à *A. gossypii* et *R. maidis*.

**Tableau n°3** : Les différentes actions à réaliser pour gérer un élevage de pucerons en cage.

**Tableau n°4** : Méthode de suivi de cinq des neuf différents bioindicateurs choisis pour l'expérimentation.



Figure n°1 : Carte de Mayotte, 101<sup>ème</sup> département français, île située au sien de l'archipel des Comores entre Madagascar et l'Afrique de l'Est (Kaupp, 2009).



Figure n°2 : Le jardin mahorais (association de manioc, maïs et bananier) et logos du RITA à Mayotte (RITA Mayotte, 2018).

## Préambule

Mayotte est un petit département d'Outre-Mer (374 km<sup>2</sup>), présenté dans la figure n°1, de l'Océan Indien situé entre Madagascar et l'Afrique de l'Est à près de 8000 km de la métropole. L'agriculture mahoraise est particulière puisque la moitié des agriculteurs sont pluriactifs. Ce qui signifie que l'agriculture n'est pas leur métier principal et que, très généralement, ils ne commercialisent pas leurs productions (Eudeline *et al.*, 2020). Les exploitations mahoraises sont de très petite taille (0,45 ha en moyenne) et les terrains appartiennent souvent à plusieurs personnes (une famille en général). Les cultures de base sont la banane, le manioc, la noix de coco, l'ambrevade (pois d'Angole) et le maïs. Ces cultures sont associées sur des petites parcelles, sur lesquelles se trouvent des arbres cultivés ou non, formant ainsi ce qui est appelé le jardin mahorais (un exemple est montré en figure n°2). Le développement de l'agriculture mahoraise est contraint par l'accessibilité au foncier, le manque d'irrigation, le manque de finances ou encore le manque d'appui technique (Tardif, 2018). Mais à Mayotte, comme dans le reste de la France, l'agriculture tend à devenir plus durable et respectueuse de l'environnement et des Hommes.

Ainsi, en 2011 ont été mis en place les Réseaux d'Innovation et de Transfert Agricole (RITA) qui ont pour objectif d'accompagner le développement local des productions (animales et végétales) dans les DOM. Les différents acteurs de l'agriculture (recherche, formation, développement) sont regroupés autour de ces RITA. A Mayotte, trois projets sont menés dans le cadre du RITA :

- BIOFERM : Gestion conservatoire des BIOmasses, des nutriments et de la FERtilité des sols dans les petites exploitations familiales de Mayotte.
- DEFI ANIMAL : Développement durable des filières de ruminants et de volailles à Mayotte.
- INNOVEG : Mise au point et adaptation d'itinéraires techniques innovants en filières végétales.

C'est dans ce dernier projet que s'inscrit cette étude. INNOVEG est un projet porté sur la thématique de la santé du végétal mais aussi sur l'amélioration des itinéraires techniques et de transformation de la production. Les agriculteurs mahorais sont parfois démunis devant les attaques de maladies et de ravageurs sur leurs cultures. Il convient donc de chercher et de tester des solutions efficaces et réalisables dans le contexte particulier de l'agriculture mahoraise.

Le Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) est l'un des acteurs impliqués dans les projets du RITA à Mayotte. Il s'agit d'un établissement public à caractère industriel et commercial (Épic) créé en 1984. Il est issu de la fusion d'instituts techniques et de recherche agronomique tropicale et se trouve sous la double



tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. Le Cirad emploie aujourd'hui près de 1 650 collaborateurs, dont 800 chercheurs, répartis dans une cinquantaine de pays à travers le monde et travaillant sur des thématiques variées, telles que la protection de la biodiversité, la transition agroécologique, la durabilité des systèmes alimentaires, la santé (des plantes, des animaux et des écosystèmes), le développement durable des territoires ruraux et leur résilience face au changement climatique (Cirad, 2021 ; Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020).



## Introduction

Les pucerons sont des ravageurs très courants en maraîchage. Ces derniers étant des insectes piqueurs-suceurs, ils peuvent occasionner à la fois des dégâts directs provoqués par la ponction de sève comme des dégâts indirects avec la transmission de virus et l'apparition de la fumagine (Hullé *et al.*, 1999). Plusieurs espèces s'attaquent aux cultures maraîchères, dont *Aphis gossypii*, espèce très polyphage présente partout dans le monde (Ryckewaert et Rhino, 2017). Cette espèce colonise notamment aux cucurbitacées à Mayotte (Ryckewaert, 2018 et 2019).

Le premier réflexe des maraîchers est de réaliser un traitement insecticide afin de réguler la population du ravageur observé sur la culture (Ryckewaert, communication personnelle). Cependant, l'utilisation de la plupart de ces produits est reconnue comme étant dangereuse pour l'environnement et pour l'Homme. A Mayotte, des produits dangereux et non homologués sont utilisés, souvent avec un nombre d'applications important. C'est le cas par exemple du diméthoate, insecticide interdit en France depuis 2016 qui présente des risques graves pour la santé humaine (20 minutes, 2019). Par ailleurs, une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires est espérée par le gouvernement français, qui a d'ailleurs lancé le plan Ecophyto en 2009 pour y parvenir (Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation, 2021).

La lutte biologique se présente comme une alternative intéressante à la lutte chimique. Cette dernière regroupe différentes techniques et notamment celle des plantes relais (Ferre, 2016). L'idée est d'utiliser une plante, autre que la culture en elle-même, hébergeant un hôte secondaire du prédateur ou du parasitoïde s'attaquant au ravageur de la culture concernée (Goude *et al.*, 2017). Ces plantes sont installées à proximité de la culture et ce tout au long du cycle cultural. Elles permettent d'avoir un cortège d'ennemis naturels du ravageur présent en permanence sur la parcelle. Ces ennemis naturels sont appelés auxiliaires des cultures et vont intervenir précocement en migrant vers la culture attaquée (Ryckewaert et Rhino, 2017).

C'est dans ce contexte là qu'est née l'idée de tester la technique des plantes relais à Mayotte. Cette dernière est intéressante car elle ne demande pas beaucoup de temps de travail, excepté lors de l'installation des plantes relais à proximité de la parcelle. Il a cependant fallu réfléchir à l'espèce utilisée comme plante relais dans ce système. La culture visée est le concombre (ou les cucurbitacées en général) car ces derniers sont souvent fortement attaqués par les pucerons, favorisés par le climat chaud qui leur permet de réaliser un cycle continu. Les agriculteurs ont peu de solution alternative à la lutte chimique. Lors de premières prospections, il a été remarqué que le maïs était cultivé en association avec des cultures maraîchères. Des colonies du puceron *Rhopalosiphum maidis* (puceron du maïs) ont par ailleurs été observées sur des rangs de maïs. Le maïs est une culture connue à Mayotte. Les agriculteurs en sèment souvent quelques pieds,



voire plusieurs rangs, afin d'en récolter les épis. Le maïs est relativement facile d'installation et d'entretien, surtout en saison des pluies (pas d'arrosage nécessaire). Il n'est pas compliqué pour les agriculteurs d'en semer un rang entre deux serres. Le puceron *R. maidis* se développe uniquement sur les graminées et ne s'attaque pas aux cultures maraîchères. Par ailleurs, il a été montré que ce dernier est attractif pour les ennemis naturels des pucerons (Michels et Matis, 2013). L'idée de cette étude est donc d'utiliser le maïs comme plante relais avec comme hôte alternatif *R. maidis* afin d'attirer les ennemis naturels d'*A. gossypii* en culture de concombres. Pour cela, une prospection sur le terrain sera réalisée afin de trouver des pucerons du maïs et de les mettre en élevage. Ensuite, lorsque les rangs de maïs seront semés et que les maïs seront suffisamment grands (stade panicule visible dans le cornet, ou juste avant), des lâchers de pucerons seront effectués afin d'infester les plantes relais, sauf si une infestation naturelle a lieu. L'objectif est que les maïs soient infestés avant la plantation des concombres afin que le cortège d'ennemis naturels soit déjà présent avant l'arrivée d'*A. gossypii*. A ce jour, aucune information sur l'utilisation du maïs comme plante relais dans ce contexte-là n'a été relevée.

Dans un premier temps, une définition de la technique des plantes relais et des exemples d'application de cette dernière seront donnés afin de faire le point sur l'existant. Puis, des informations importantes sur la biologie d'*A. gossypii* et de *R. maidis* seront données ainsi que sur les ennemis naturels de deux pucerons. La démarche de travail et la méthode suivie seront ensuite exposées. Le protocole suivi pour l'élevage des pucerons sera exposé ainsi que celui de mise en place et de suivi de l'essai. Enfin, les résultats obtenus lors de cette expérimentation ainsi que leur discussion seront présentés.



## I. Une technique de lutte biologique en essor : Les plantes relais

### a. Définition de la technique des plantes relais

La lutte biologique contre les maladies et les ravageurs des cultures regroupe plusieurs méthodes, dont celles des plantes de service. Les plantes de service apportent un avantage à la culture soit en ayant une action sur les auxiliaires (habitat et attraction par exemple), soit sur les ravageurs (piégés et/ou repoussés) (Ferre, 2016). Ce concept de plantes de service désigne donc lui-même plusieurs techniques, comme les plantes pièges et les plantes répulsives qui influent sur les ravageurs ou comme les plantes fleuries et les plantes relais qui influencent le comportement des auxiliaires (Ferre, 2016).

Les plantes relais, également appelées plantes banques, sont donc un moyen d'optimiser la lutte biologique. Cette technique est utilisée depuis de nombreuses années en France, notamment en horticulture (Fischer et Léger, 1997). Plusieurs définitions sont données pour essayer de la décrire. Par exemple, Andorno et López expliquent en 2014 que cette technique consiste à utiliser une plante qui ne sera pas commercialisée et qui va être délibérément infestée par un insecte qui n'est pas un ravageur de la culture. Cet insecte est alors un hôte alternatif (ou secondaire) pour les ennemis naturels du ravageur de la culture ciblé. Boll *et al.* ont également signifié en 2001 dans un article de la revue *Phytoma* que le but des plantes relais est « d'assurer la présence permanente de l'auxiliaire avant l'arrivée du ravageur ». Plusieurs autres auteurs ont exposé que l'objectif du système des plantes relais est de permettre la reproduction des ennemis naturels d'un ravageur au sein d'une culture pendant toute la saison des cultures (Frank, 2010 ; Jandricic *et al.*, 2014 ; Stary, 1993). Enfin, Fischer et Léger en 1997, parlent d'une « Stratégie particulière de lutte biologique visant à assurer la présence et l'activité régulière d'une ou plusieurs espèces d'auxiliaires durant la totalité du cycle d'une culture, afin de protéger cette dernière contre un ou plusieurs ravageurs donnés ».

La technique des plantes relais consiste donc en l'utilisation d'une plante associée à la culture mais non commercialisée, qui sert de refuge pour les auxiliaires en abritant un insecte phytophage qui ne s'attaque pas à la culture. C'est une technique notamment utilisée pour lutter contre les pucerons en maraîchage. Elle permet de limiter l'utilisation d'insecticide en favorisant la biodiversité environnante d'une parcelle. Ce système peut paraître simple puisqu'il est basé sur des interactions naturelles entre individus. Mais il est en réalité complexe et peut présenter quelques limites.

a.



b.



Figure n°3 : Exemples d'utilisation de la technique des plantes relais sous serre – (a) Mise en place d'une graminée au milieu d'un rang d'aubergine pour lutter contre les attaques de pucerons (CTIFL, 2008) / (b) Mise en place d'une graminée au milieu d'un rang de fraisières en culture hors sol pour lutter contre les attaques de pucerons (Invenio).

## b. Exemples d'utilisation de la technique

Les plantes relais sont utilisées habituellement pour lutter contre les pucerons en maraîchage, et notamment contre *Aphis gossypii* en production sous abris (concombre, melon, etc.). Le système classique est basé sur l'utilisation d'une graminée (souvent l'éleusine) qui abrite *Rhopalosiphum padi* comme hôte secondaire afin d'attirer l'hyménoptère *Aphidius colemani* qui parasite les deux pucerons (Conte *et al.*, 2000a et 2000b ; Jacobson et Croft, 1998 ; Jandricic *et al.*, 2014 ; Kim and Kim, 2004 ; Van Driesche *et al.*, 2008). Mais d'autres systèmes existent, avec par exemple l'utilisation de l'avoine comme plante relais abritant *R. padi* toujours dans le but d'attirer *A. colemani* pour lutter contre une autre espèce de pucerons (*Myzus persicae*) en culture de roquette et de poivron (Andorno et Lopez, 2014).

*R. padi* est considéré comme hôte secondaire idéal pour l'hyménoptère *A. colemani*. En effet, ce puceron présente plusieurs avantages dont celui de ne pas coloniser les cultures sous serre et d'être moins attractif pour les ennemis naturels des pucerons des cultures. Ainsi, les auxiliaires, comme *A. colemani*, vont facilement passer de cet hôte alternatif au puceron ciblé lors de son arrivée sur la culture (Frank, 2010 ; Jandricic *et al.*, 2014).

Dans ce système, des pots avec des plants d'une graminée (orge, éleusine, seigle, etc.) (Weintraub, 2007) infestés de *R. padi* sont placés à proximité de la culture. Il est préférable que cette dernière ne soit pas encore en place afin que la réserve d'auxiliaires se crée au niveau des plantes relais. Les pucerons sont des insectes qui arrivent précocement sur les cultures (Ryckewaert et Rhino, 2017). Ainsi, dès l'implantation de la culture, les auxiliaires seront déjà à proximité de cette dernière (Van Driesche *et al.*, 2008). Le but est alors que les auxiliaires, comme *A. colemani*, migrent sur la culture de tomate à l'apparition d'*A. gossypii*. Deux exemples d'application de la technique sont présentés dans la figure n°3.

Il existe également quelques exemples d'application pour lutter contre d'autres ravageurs et avec des plantes plus exotiques. En effet, un système basé sur l'utilisation de papayer dans des serres de tomate pour lutter contre *Bemisia tabaci* a montré ses preuves aux États-Unis. Les papayers sont alors hôtes d'une espèce d'aleurodes (*Trialeurodes variabilis*) qui ne s'attaque pas aux plants de tomate et qui va permettre d'attirer l'hyménoptère *Encarsia sophia* pour lutter contre *B. tabaci*, s'attaquant à cette culture (Y. Xiao *et al.*, 2011). Cette étude a montré que les papayers sont très bien adaptés pour la fonction de plante relais. Les adultes de *T. variabilis* ont en effet une forte affinité avec les papayers pour se nourrir (Y. Xiao *et al.*, 2011 ; Lourencao *et al.*, 2007).

Ces exemples d'application de la technique permettent de mettre en avant l'importance de la réflexion autour de l'espèce utilisée comme plante relais et de l'hôte secondaire visé.



### c. Avantages et limites de la technique

Les plantes relais sont intéressantes car elles permettent d'avoir sur la parcelle un cortège important d'auxiliaires (parasitoïdes, prédateurs, etc.) avant l'apparition de l'insecte ravageur sur la culture (Frank, 2010). De plus, ces plantes restant en place tout le long de la période de culture, l'approvisionnement en auxiliaires est théoriquement assuré sur toute cette période (Weintraub, 2007). Cette technique confère l'avantage de réaliser un contrôle biologique d'un ravageur sans lâcher(s) d'auxiliaire(s), qui peuvent être répétés et coûteux (Frank, 2010), et permet de réduire l'utilisation des produits insecticides pour lutter contre les ravageurs des cultures.

Cependant, ce système est complexe et met en jeu un nombre important d'acteurs (Ferre, 2016). Tout d'abord, il faut trouver un ravageur spécifique à la plante relais désirée afin que ce dernier ne s'attaque pas à la culture environnante. Il y a ensuite le ravageur retrouvé sur la culture, différent de celui présent sur la plante relais. Enfin, les deux espèces citées précédemment étant différentes, les auxiliaires ciblés dans ce système seront la plupart du temps généralistes. Ils doivent être attirés tout d'abord par l'hôte secondaire, puis par le ravageur de la culture. Il y a donc beaucoup d'interactions entre ces acteurs, qui sont influencées notamment par l'environnement de la parcelle et les conditions climatiques (Kruess et Tschardtke, 1994).

L'un des principaux problèmes pouvant être rencontrés lors de la mise en place de plantes relais est que les auxiliaires ne migrent pas entre la bande de plantes relais et la culture. Ensuite, l'objectif est d'attirer des auxiliaires généralistes pouvant s'attaquer à la fois à l'hôte secondaire et au ravageur de la culture. Le risque est que les plantes relais attirent des auxiliaires spécifiques de l'hôte secondaire qui ne seront pas capables de s'attaquer au ravageur (Frank, 2010). Dans ce cas-là, il n'y a pas d'effet des plantes relais dans le biocontrôle du ravageur ciblé. Elles peuvent même avoir un effet négatif dans le cas où l'hôte secondaire est plus attractif que le ravageur pour les auxiliaires. Ces derniers sont alors détournés par les plantes relais alors qu'ils auraient pu aller naturellement vers la culture (Ferre, 2020).

Enfin, le complexe plante relais/hôte secondaire doit être réfléchi en amont de sa mise en place. En effet, l'hôte secondaire peut être un ravageur d'autres cultures proches et son introduction sur une exploitation peut avoir des conséquences importantes.

a.



b.



Figure n°4 : Aphis gossypii – puceron polyphage des cultures maraichères. (a) A. gossypii à différents stades (larve et adulte) sur cucurbitacées (B. Chaubet, INRA). (b) A. gossypii observé sur la parcelle d'essai sur concombre (L. Maigné, CIRAD).

## II. Ravageur ciblé et hôte secondaire : *Aphis gossypii* et *Rhopalosiphum maidis*

### a. *Aphis gossypii* : Ravageur important en culture de cucurbitacées

*Aphis gossypii* Glover est le puceron du cotonnier et du melon (Ryckewaert et Rhino, 2017). Sous sa forme aptère, il est de couleur jaunâtre à vert, parfois sombre, et mesure de 1,2 à 2 mm de long (Hullé *et al.*, 1999 ; INRAE, 2010), comme le montre la figure n°4. Des individus pâles et sombres peuvent être observés dans la même colonie. La couleur du corps est influencée par la température environnante, la source de nourriture et la densité de population (Koppert, 2018). En règle générale, les individus isolés sont les plus gros et vont être plus foncés. Tandis que les individus évoluant en colonie dense vont être plus petits et plus clairs (Koppert, 2018). C'est un puceron reconnaissable par ses cornicules très foncées alors que la cauda est d'une couleur plus pâle. Les antennes sont également d'une couleur jaune relativement pâle et sont plus courtes que le corps, les yeux sont rouges (INRAE, 2010). Également, des tubercules latéraux très développés sont observés sur le prothorax des individus aptères. Les individus ailés sont quant à eux vert à vert foncé, voire noirs (Ryckewaert et Rhino, 2017), et leurs antennes sont courtes, de la longueur du corps de l'individu. Les cornicules sont noires et plus courtes que chez les aptères (INRAE, 2010). Chez ces individus aussi la cauda est pigmentée mais plus claire que les cornicules. Généralement, ce puceron forme des colonies denses à la surfaces des feuilles et pullule rapidement (Hullé *et al.*, 1999).

*A. gossypii* est un puceron très polyphage qui s'attaque à un grand nombre de plantes (plus de 700 espèces recensées) partout dans le monde, notamment en maraîchage (Ryckewaert et Rhino, 2017). Cependant, il est principalement observé sur les Cucurbitacées (melon, concombre, courgette, courges, etc.) et les Malvacées (cotonnier, hibiscus, etc.). C'est une espèce également observée sur d'autres cultures maraîchères comme la laitue, les solanacées (aubergine, tomate, etc.) ou encore l'artichaut (Hullé *et al.*, 1999). En milieu tropical, ce puceron peut coloniser les papayers et le taro (INRAE, 2010). Chez les cucurbitacées, il s'agit de l'espèce de pucerons la plus dommageable, peu importe les conditions de culture (plein champ, sous abris) et les conditions climatiques (climat tempéré ou tropical). Les populations ont tendance à exploser lorsque la culture est sous abris. En milieu tropical, cette espèce est retrouvée sur les cucurbitacées quelle que soit la saison (sèche ou humide). Elle pullule rapidement et est aidée par des fourmis qui vont protéger les individus de leurs ennemis naturels. De la fumagine peut se former à la surface des feuilles attaquées, ce qui occasionne une diminution de la photosynthèse, des pertes de rendement et potentiellement la destruction de la culture. Par ailleurs, c'est une espèce vectrice de maladies virales dont la Mosaïque du concombre (CMV) (Hullé *et al.*, 1999 ; INRAE, 2010).

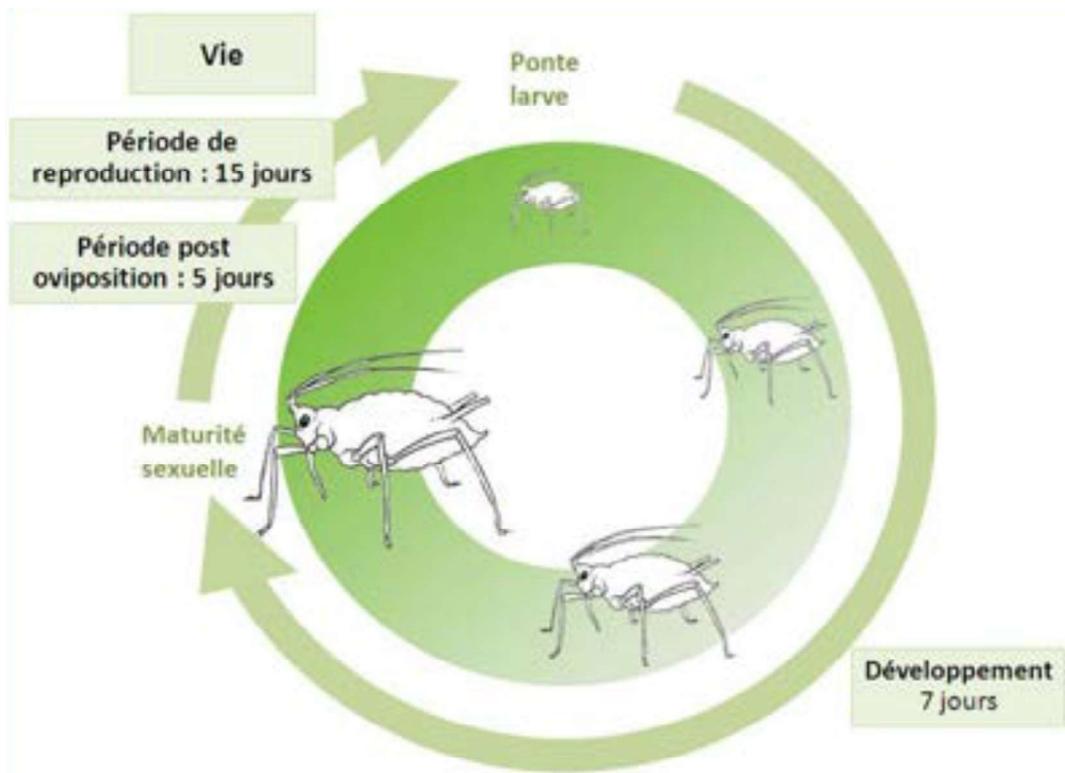


Figure n°5 : Cycle de vie d'*A. gossypii*. La durée du cycle de développement de ce puceron varie selon la température (9,6 jours à 16°C et 6,5 jours à 28°C) (Ephytia, 2021).

*Aphis gossypii* est une espèce anholocyclique, c'est-à-dire qu'elle a perdu la capacité de se reproduire par voie sexuée. La reproduction s'effectue donc exclusivement par voie asexuée (parthénogénèse) tout au long de l'année (Ryckewaert et Rhino, 2017). Les femelles se reproduisent à une température optimale de 20 à 25°C et sont capables de produire 2,8 larves par jour. Dans ces conditions, un individu peut atteindre sa maturité en 7 à 5 jours (INRAE, 2021). Le cycle de développement de ce puceron est exposé dans la figure n°5 (Koppert, 2018). En milieu tropical, son cycle de vie est continu et tous les stades de la vie (larve, adulte, ailé) du puceron peuvent être observés au même moment (Ryckewaert et Rhino, 2017). Les adultes vivent en moyenne 20 jours et une femelle aptère peut produire jusqu'à 80 larves. En conditions optimales de développement, il peut y avoir jusqu'à 60 générations par an (Ryckewaert et Rhino, 2017). Ce sont les femelles ailées qui permettent la dissémination de l'espèce. Ces caractéristiques font de ce puceron l'un des plus rapides pour coloniser une plante.

#### **b. Moyens de lutte contre *A. gossypii* à disposition des maraîchers**

Les moyens de lutte à disposition des maraîchers contre *A. gossypii* sont relativement classiques dans la lutte contre les ravageurs des cultures. La lutte chimique est bien évidemment possible par l'utilisation d'insecticides homologués contre les pucerons (INRAE, 2014). Mais cette utilisation doit être réfléchie et raisonnée car des résistances à ces produits apparaissent de plus en plus (IRAC, 2021). Ces derniers étant à large spectre, ils tuent sans dissociation les ravageurs et les auxiliaires. Les produits de biocontrôle sont une alternative à la lutte chimique. Cependant, leur efficacité n'est pas toujours optimale et certains sont dangereux, bien que naturels, comme la bouillie bordelaise (à base de sulfate de cuivre) qui à haute concentration est toxique.

L'objectif est d'empêcher les individus ailés d'arriver sur la culture, puisque ce sont ces derniers qui sont à l'origine de la formation des colonies. Pour cela, il est possible d'installer des filets *insect-proof* aux ouvertures des abris (portes et ouvrants) dont la maille doit être inférieure à 1,5 mm pour ne pas laisser passer les plus petits individus (INRAE, 2014). Il est conseillé de désherber la culture et ses abords afin de limiter les endroits propices au développement du puceron, notamment lorsque la densité de feuillage est importante. Des plantes hôtes de ce ravageur peuvent vivre au niveau des abords de la culture. Il est aussi primordial de contrôler l'état sanitaire des plants de cucurbitacées avant leur plantation afin de ne pas introduire des plants déjà porteurs de pucerons (INRAE, 2021). Par ailleurs, l'apport en azote à la culture est à surveiller car un excès d'azote peut affaiblir les plantes et les rendre plus vulnérables aux attaques de pucerons (INRAE, 2021). Les moyens de lutte cités jusqu'ici sont de la prophylaxie, permettant de prévenir les attaques de pucerons.

a.



b.



Figure n°6 : Rhopalosiphum maidis – puceron du maïs. (a) R. maidis au stade adulte (L. Maigné, CIRAD). (b) Colonie de R. maidis observée sur un plant de maïs (L. Maigné, CIRAD).

Par ailleurs, il est possible de s'appuyer sur la lutte biologique pour limiter la présence de ce ravageur. Comme cité précédemment, plusieurs auxiliaires s'attaquent à *A. gossypii*, dont les coccinelles, les syrphes et certains hyménoptères parasitoïdes (Deguine *et al.*, 2019 ; Ryckewaert et Rhino, 2017). Le principe de la lutte biologique va être de favoriser la présence de ces auxiliaires afin qu'ils limitent naturellement les populations du ravageur. Ainsi, il est important de ne pas réaliser de traitement insecticide abusif, ce qui pourrait tuer les auxiliaires. Ces derniers sont favorisés par un environnement riche, notamment lorsqu'ils trouvent dans cet environnement des sources de nourriture. Par exemple, les syrphes et les parasitoïdes adultes se nourrissent de nectar de fleurs (P. Baby, communication personnelle). Il est donc intéressant de favoriser aux abords de la parcelle des plantes fleuries attrayantes pour les auxiliaires. Les plantes relais sont aussi un bon moyen d'attirer les auxiliaires (Ferre, 2016), par exemple les coccinelles, grâce à l'utilisation d'un hôte alternatif qui ne s'attaque pas à la culture. Ces dernières, comme les plantes fleuries, sont à installer en amont de la culture et peuvent être associées.

### **c. *Rhopalosiphum maidis* : Hôte alternatif potentiel dans la lutte contre *A. gossypii* en culture de cucurbitacées**

*Rhopalosiphum maidis* Fitch, également appelé puceron du maïs, est une espèce de puceron vert de forme allongée mesurant de 1,3 à 2,9 mm (Goebel, 1997 ; INRAE, 2018). Les individus aptères sont de couleur vert bleuté avec des cornicules renflées et la cauda courtes et foncées (INRAE, 2010 ; Turpeau-Ait Ighil *et al.*, 2011), comme le montre la figure n°6. Des taches violettes sont observées au niveau de l'insertion des cornicules. Les individus ailés ont un corps plus allongé que les aptères, et sont généralement vert foncé (INRAE, 2010). Les antennes sont également courtes, représentant la moitié de la longueur du corps (Turpeau-Ait Ighil *et al.*, 2011). Comme chez les aptères, les cornicules et la cauda sont courtes et foncées. Il est généralement confondu avec *Rhopalosiphum padi*, puceron vert maïs à l'allure plus arrondie et portant des antennes plus longues (Goebel, 1997).

*R. maidis* est retrouvé partout dans le monde sous un climat tropical et subtropical. Il s'agit d'un puceron des graminées retrouvé principalement sur le maïs (sa plante hôte de prédilection) et la canne à sucre (Goebel, 1997). En tout, près d'une trentaine d'espèces peuvent héberger ce puceron, dont le sorgho, le riz et l'éleusine ainsi que des plantes sauvages comme les Cyperaceae et les Typhacaceae (Goebel, 1997). *R. maidis* se développe surtout dans le cornet foliaire sur le maïs (Turpeau-Ait Ighil *et al.*, 2011). Des colonies peuvent également être observées sur les panicules qui ne sont pas encore dégagées ainsi que sur les spathes vertes qui recouvrent les épis (Goebel, 1997). Ce puceron peut donc se développer sur la panicule, ce

Tableau n°1 : Les différents prédateurs des pucerons observés à Mayotte en maraîchage (INRAE, 2020).

Syrphes (L. Maigné, CIRAD)	Coccinelles (L. Maigné, CIRAD)	Punaises prédatrices (S. Chamont, INRA)
		
Chrysopes/Hémérobés (L. Maigné, CIRAD)	Araignées (L. Maigné, CIRAD)	
		

Tableau n°2 : Les différents parasitoïdes s'attaquant à *A. gossypii* et *R. maidis* (INRAE, 2020)

<i>Aphis gossypii</i>	<i>Rhopalosiphum maidis</i>
<i>Aphelinus asychis</i>	
<i>Aphelinus varipes</i>	
<i>Aphidius colemani</i>	
<i>Aphidius matricariae</i>	
<i>Diaeretiella rapae</i>	
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	
<i>Aphelinus flavipes</i>	<i>Aphidius rhopalosiphi</i>
<i>Aphelinus mali</i>	<i>Ephedrus plagiator</i>
<i>Binodoxys acalephae</i>	<i>Praon gallicum</i>
<i>Binodoxys angelicae</i>	
<i>Ephedrus persicae</i>	
<i>Lipolexis gracilis</i>	
<i>Praon volucre</i>	



*Aphidius colemani*  
parasitant *Myzus persicae*

qui peut poser un problème de retard dans l'apparition du pollen et donc un décalage entre la floraison mâle et femelle. L'une des caractéristiques principales d'une attaque de ce puceron sur le maïs est l'enroulement longitudinal de la dernière feuille de maïs (Turpeau-Ait Ighil *et al.*, 2011). Comme pour *A. gossypii*, la sécrétion de miellat peut favoriser l'apparition de la fumagine sur les feuilles, entraînant une diminution de la photosynthèse et donc du rendement. Ce puceron est également vecteur de maladies pour les graminées puisqu'il peut transmettre le Maize Dwarf Mozaic Virus, c'est-à-dire le virus de la mosaïque nanisante (Goebel, 1997). Cependant, d'une manière générale ce puceron ne cause pas tellement de dégâts dans les cultures de maïs.

*R. maidis* est anholocyclique dans les régions chaudes, il a donc la capacité de se reproduire par parthénogénèse et viviparité (Goebel, 1997 ; INRAE, 2010). Les adultes femelles acquièrent la capacité de produire des larves 6 à 15 jours après leur naissance et peuvent vivre de 20 (en période chaude) à 50 jours (en période froide) (Goebel, 1997). Les individus nés en période chaude ont un développement rapide et sont généralement plus petits. Ce puceron est donc très sensible à la température, qui va influencer la densité de population observée. Les ailés vont se déplacer uniquement lorsque la température est comprise entre 20 et 40°C, ce qui influence fortement la capacité de dispersion de l'espèce. En conditions optimales (20 à 30°C), *R. maidis* est capable de réaliser 45 générations par an (Goebel, 1997).

Ce puceron ne s'attaque pas aux cultures maraîchères et pourrait donc être utilisé comme hôte alternatif dans le cas de la mise en place de plantes relais pour lutter contre *A. gossypii*. Il est présent à Mayotte où il se développe principalement sur le maïs.

#### **d. Ennemis naturels potentiels des pucerons**

L'objectif de l'étude est d'attirer les ennemis naturels des deux espèces de pucerons cités précédemment dans une stratégie de lutte biologique via la mise en place de plantes relais. Ainsi, il existe un cortège important d'ennemis naturels s'attaquant à ces deux pucerons (prédateurs, parasitoïdes, etc.) (INRAE, 2010 ; Deguine *et al.*, 2019 ; Ryckewaert et Rhino 2017). Au sein de ces derniers, on retrouve les coccinelles, les syrphes, les araignées, les chrysopes, les hémérobes ou encore les punaises prédatrices (Baby, communication personnelle ; Deguine *et al.*, 2019) présentés dans le tableau n°1. Ce sont généralement les larves de ces derniers qui vont se nourrir de pucerons. Il est difficile d'établir une relation précise entre une espèce d'un prédateur cité précédemment et les deux espèces de pucerons étudiés dans cette expérimentation. Par exemple, à Mayotte, une trentaine d'espèces de coccinelles ont été recensées mais il existe peu de références sur le cas des autres prédateurs, bien que présents sur cette île (Ryckewaert, communication personnelle).

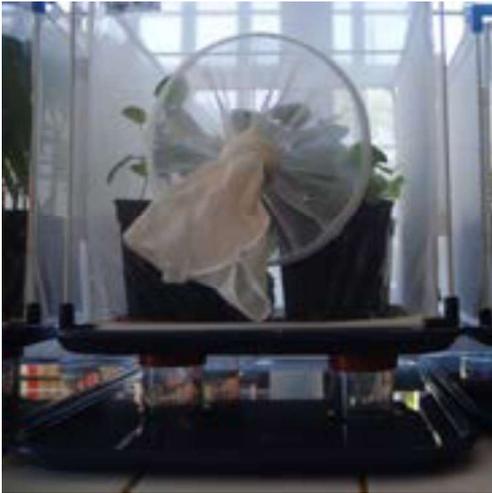


Figure n°7 : Exemple de mise en place des cages d'élevage. Ces dernières sont placées sur des plateaux en hauteur pour éviter les attaques de fourmis. Elles doivent être placées idéalement au plus près d'une source de lumière (ici la fenêtre). Ici, il s'agit d'un élevage de puceron du maïs et du puceron du navet (M. Harvoi, CIRAD).



Figure n°8 : Semis de maïs réalisés selon les indications données dans le protocole d'élevage des pucerons en cage, c'est-à-dire 4 graines par pot (M. Harvoi, CIRAD).

Des hyménoptères parasitoïdes s'attaquent également à ces deux espèces de pucerons (INRAE, 2010 ; Deguine *et al.*, 2019 ; Ryckewaert et Rhino 2017). Les espèces sont recensées dans le tableau n°2, avec la mise en avant des espèces communes.

### **III. Dispositif expérimental suivi**

#### **a. Élevage en cage de *Rhopalosiphum maidis***

Un exemple de mise en place de cages d'élevage est donné dans la figure n°7 ci-contre.

#### **Matériel**

La première étape pour mener à bien cette expérimentation est de trouver des pucerons du maïs sur des plantes hôtes dans la nature ou sur des parcelles cultivées (des parcelles de maïs par exemple). Le but est ensuite de les mettre en élevage afin de réaliser une infestation des plantes relais par la suite.

Pour cet élevage, des cages d'élevage mesurant 30 x 30 x 30 cm ont été utilisées. A l'intérieur de ces dernières, les pots contenant du terreau sont placés. Ces derniers reposent sur des soucoupes qui permettent de retenir l'eau de l'arrosage. Des plateaux et des flacons sont également nécessaires pour le dispositif d'élevage. Il est également impératif d'avoir à sa disposition une loupe binoculaire et un aspirateur à insectes. Pour les semis des plantes nécessaires à l'élevage, une pelle de jardin et les semences des plantes d'intérêt (ici le maïs de la variété CIRAD412) sont nécessaires. Pour finir, pour le bon déroulé et le suivi de l'élevage, un cahier de laboratoire est indispensable.

#### **Méthode**

##### Étape préliminaire :

Avant la mise en élevage des pucerons, il est impératif de préparer des semis de plantes hôtes afin que les plants soient assez grands pour pouvoir accueillir les pucerons. Dans cette étude, des semis sont réalisés chaque semaine.

Pour les semis de maïs, 4 graines par pot sont semées à environ 5 cm de profondeur et 8 pots sont préparés. La figure n°8 montre un exemple de semis de maïs réalisé pour l'élevage de *R. maidis*. De cette façon, des plants sont constamment prêts pour être utilisés dans les cages d'élevage et des plants de secours sont disponibles en cas de dépérissement prématuré.



Il est également important de se munir d'un cahier de laboratoire dans lequel seront notées toutes les actions réalisées (changement de plants, arrosage, semis, etc.) afin d'avoir un suivi de l'élevage. De cette manière, en cas d'absence de la personne gérant habituellement les élevages, une autre personne peut prendre le relais en s'appuyant sur ce cahier et sur le protocole.

#### Étapes de la mise en élevage des pucerons :

La première étape pour réaliser un élevage de pucerons est de rechercher des pucerons dans leur milieu naturel. Pour *R. maidis*, la recherche est effectuée sur des pieds de maïs chez des agriculteurs ainsi que sur toute autre plante hôte telle que l'éleusine, la canne à sucre, le sorgho, etc. Les parties de la plante où se situent les pucerons sont alors récoltées et placées dans des boîtes bien fermées avant d'être emmenées au laboratoire.

Avant la mise en élevage, les parties des plantes avec des pucerons sont inspectées à l'aide d'une loupe binoculaire (ou à l'œil nu quand cela est possible). Les larves d'auxiliaires et les pucerons parasités sont alors retirés lorsqu'ils sont observés. L'objectif est de limiter l'introduction de prédateurs et parasitoïdes dans les cages d'élevage et de vérifier l'espèce recueillie.

Les cages d'élevage peuvent ensuite être montées selon les instructions. Afin d'éviter l'entrée des fourmis dans ces dernières, elles doivent être surélevées à l'aide de plateaux. Le plateau du dessous est rempli d'eau et des flacons sont disposés sur ce dernier. Le second plateau est placé sur ces flacons et vient supporter la cage d'élevage (voir figure n°7). Les soucoupes (servant à retenir l'eau lors des arrosages) peuvent être disposées puis les pots avec les plantes hôtes. Les cages doivent idéalement être numérotées afin de faciliter le suivi de l'élevage (notamment lors de la notation des différentes actions dans le cahier de laboratoire). Pour cette expérimentation, les cages sont placées sur une pailleasse le long d'une fenêtre dans une salle à température ambiante (pas de mise en route de la climatisation). Elles ne peuvent pas être placées en extérieur, notamment dans la pépinière où sont réalisés les semis, à cause de l'arrosage. En effet, dans la pépinière l'arrosage est réalisé par aspersion et risquerait de gêner le puceron dans son développement.

Enfin, la dernière étape consiste en l'introduction des échantillons de plante avec des pucerons. Ces derniers sont introduits avec les feuilles ou les tiges d'origine et doivent être placés afin qu'ils soient en contact avec les plants en pot. Les pucerons pourront ainsi se déplacer vers les plants.

Tableau n°3 : Les différentes actions à réaliser pour gérer un élevage de pucerons en cage.  
La fréquence à laquelle doivent être réalisées ces actions est mentionnée dans ce tableau,  
ainsi que certaines remarques importantes.

Action(s) à réaliser	Fréquence	Remarque(s)
Arrosage	2x/semaine	Pas d'arrosage si le terreau est humide
Remplissage en eau du plateau du dessous	2x/semaine	Le plateau doit être rempli au maximum d'eau pour éviter les fourmis dans mes cages
Changement de place des cages	1x/semaine	
Changement de plants	1x/semaine	Utilisation de plants semés 2 semaines plus tôt. Changement soit des deux pots de droite, soit des deux pots de gauche
Retrait de tout autre insecte	Lors de l'observation de ces derniers	Utilisation d'un aspirateur à insectes Réalisé également avant la mise en place dans la cage d'élevage <i>Surveiller surtout les cicadelles pour le maïs</i>
Mise en place d'une nouvelle cage d'élevage	Lors de l'observation d'individus ailés	Ensemencement de la nouvelle cage à l'aide de plants infestés provenant de la cage hébergeant une forte population

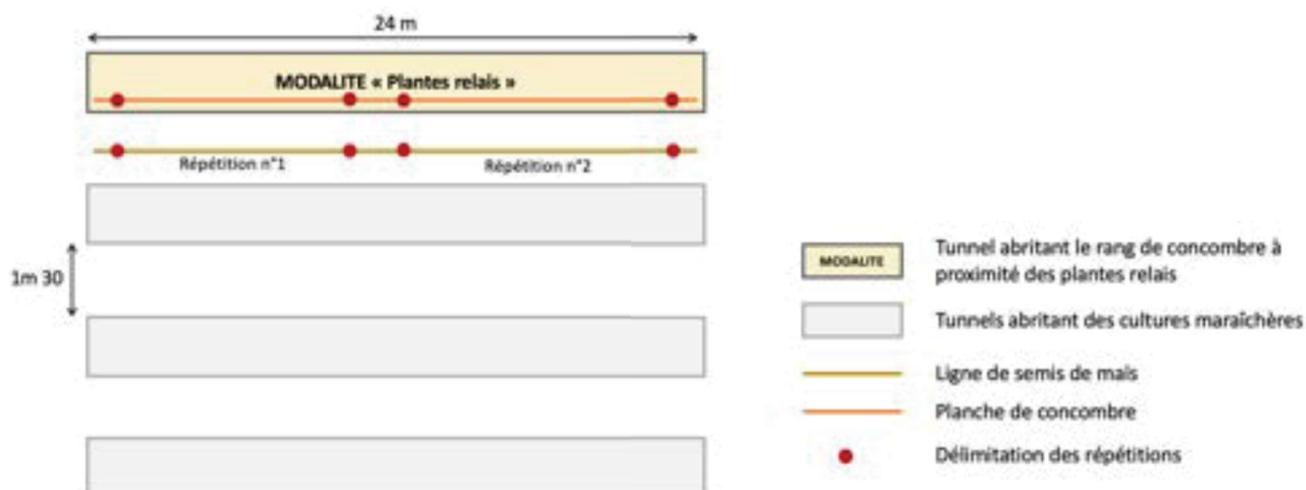


Figure n° 9 : Plan d'essai de l'expérimentation menée au Lycée agricole de Coconi au sein de tunnels de 24m de long. Cet essai est placé en conditions réelles, c'est-à-dire dans le cadre d'une production maraîchère diversifiée.

### Gestion et entretien de l'élevage :

La gestion et l'entretien des cages d'élevage sont détaillés dans le tableau n°3 ci-contre. Différentes actions sont à réaliser. Par exemple, l'arrosage est primordial puisqu'il n'y a pas de source naturelle d'eau ni d'arrosage automatique possible. Le changement de place des cages le long de la fenêtre permet de contrer un biais potentiel dû à l'exposition à la lumière. Le changement de plants est aussi à réaliser régulièrement afin d'éviter le jaunissement et le dépérissement de ces derniers mais aussi qu'ils deviennent trop grands pour la cage. Pour cela, les « vieux » plants sont coupés à la base et conservés dans la cage afin de permettre aux pucerons de se déplacer entre les vieux plants et les nouveaux. Les vieux plants sont donc placés de façon à être en contact avec les nouveaux. Les jeunes plants étant élevés en pépinière avant leur introduction dans les cages, ils peuvent être préalablement colonisés par d'autres insectes ravageurs ou non. C'est le cas notamment d'une cicadelle qui s'attaque au maïs (*Zyginidia scutellaris*) et qui peut entrer en concurrence avec le puceron pour la nourriture et surtout contribuer à un affaiblissement précoce des plants de maïs. Ces individus doivent donc être retirés à l'aide d'un aspirateur à insecte.

#### **b. Utilisation du maïs comme plante relais en culture de cucurbitacées**

Comme cité précédemment, l'objectif de cette expérimentation est de tester la faisabilité et l'efficacité de la méthode des plantes relais en maraîchage, à Mayotte, dans le cadre d'une culture de concombre sous abri ouvert (tunnel avec bâche plastique s'arrêtant à 1 m du sol, destiné sous les tropiques à protéger les cultures des fortes pluies).

L'essai est mis en place au lycée agricole de Coconi dans des tunnels de 24 mètres de longueur. Les planches de concombre cohabitent avec d'autres cultures dans la serre, afin de se placer au plus près des conditions de production chez un maraîcher. Le plan d'essai de cette expérimentation est présenté dans la figure n°9. Une modalité témoin (non représentée sur le plan d'essai) est mise en place dans les mêmes conditions que la modalité « plantes relais ». Elle se situe dans un tunnel éloigné de la modalité « plantes relais » afin d'éviter un biais dû à la proximité avec les plantes relais. Deux répétitions sont mises en place pour chaque modalité ainsi que pour la ligne de semis du maïs. Ces répétitions mesurent onze mètres de long et sont séparées d'un mètre.

Le semis de maïs (maïs doux mi-hâtif Mezdi) a été réalisé le 21 juin ainsi que celui des concombres (de la variété Kyoto-shi F1) en pépinière. Le semis de maïs a été réalisé tous les 50 cm environ. Les concombres ont ensuite été plantés le 19 juillet et palissés au fur et à mesure de



Figure n°10 : Essai mis en place entre deux tunnels avec le rang de maïs (plante relais) au centre et, sur la droite, la planche de concombre de l'essai (M. Harvoi, CIRAD).



Plant de maïs issu de l'élevage colonisé par *R. maidis*

Pied de maïs considéré comme plante relais et placé à proximité de la planche de concombre

Figure n°11 : Technique d'infestation utilisée. Ici, introduction d'un plant de maïs issu de l'élevage en cage de *R. maidis*. Ce plant est placé en contact avec le maïs considéré comme plante relais afin que les pucerons puissent passer de l'un à l'autre (M. Harvoi, CIRAD).

la conduite de la culture. La figure n°10 illustre la mise en place de l'essai à la plantation des concombres.

## **Méthode**

Pour cet essai, 9 bioindicateurs ont été choisis afin de suivre l'abondance des auxiliaires et des pucerons d'intérêt. Ainsi, quatre auxiliaires des cultures sont suivis. L'araignée est un prédateur des pucerons. C'est un auxiliaire non généraliste puisque les araignées peuvent également se nourrir des coccinelles par exemple. Ces dernières ont également été choisies dans le cadre de cette étude. Elles sont connues pour être de grandes prédatrices des pucerons puisque la larve et l'adulte s'en nourrissent. Ainsi, le suivi sera réalisé à la fois par comptage des adultes et également des larves. Il en va de même pour les chrysopes (assez rares à Mayotte) et les hémérobès, dont la larve et l'adulte seront suivis. La présence de momies de pucerons est également notée car elle traduit le parasitage des pucerons par des parasitoïdes.

L'observation se fait à la fois sur les plantes relais et sur les pieds de concombre. Une observation générale est d'abord réalisée afin de constater la présence d'auxiliaires volants, puis une observation au dos des feuilles. L'objectif est de donner une appréciation de l'importance des populations de pucerons et d'auxiliaires dans les modalités. Le suivi est réalisé une fois par semaine sur 20 pieds de concombre par répétition et sur dix pieds de maïs par répétition. Le stade de la culture est alors noté (nombre de feuilles, floraison, fructification).

Pour *R. maidis*, la présence ou non du puceron est notée pour chaque pied de maïs observé. Les infestations, si nécessaires, sont réalisées en suivant la technique présentée dans la figure n°11. Ainsi, des plants de maïs infestés de pucerons (issus de l'élevage) sont placés de manière qu'ils soient en contact avec les pieds de maïs utilisés comme plante relais afin de permettre la migration des pucerons.

En ce qui concerne *A. gossypii*, chaque feuille de concombre est observée afin de constater la présence ou non du puceron. Le nombre de feuilles présentant des pucerons est compté et pour chaque feuille une appréciation de la présence de pucerons est donnée, de la façon suivante :

- Aucun puceron
- 1 individu isolé
- 1 foyer de pucerons (1 ou 2 adultes avec des larves autour)
- 2 à 3 foyers de pucerons
- Feuilles recouvertes de pucerons

Tableau n°4 : Méthode de suivi de cinq des neuf différents bioindicateurs choisis pour l'expérimentation. Il s'agit du relevé direct de la présence des prédateurs des pucerons et indirect avec notamment l'observation de momies de puceron qui peut traduire de la présence d'un parasitoïde.

Bioindicateurs	Classe d'abondance			
	Absence	Peu	Moyen	Beaucoup
Araignées	Aucun individu observé	1 à 2 individus observés/répétition	3 à 5 individus observés/répétition	6 individus et plus observés par répétition
Coccinelles (Adulte + larve)				
Syrphes (Adulte + larve)		1 individu observé/répétition	2 à 3 individus observés/répétition	3 individus et plus observés par répétition
Chrysopes et hémérobes (Adulte + larve)				
Momie de puceron		1 foyer de pucerons parasité au total	1 à 2 foyers de pucerons parasité au total	Plus de 2 foyers de pucerons parasité au total

Pour les ennemis naturels des pucerons, une note d'abondance est donnée pour chacun d'entre eux. Cette note d'abondance est donnée selon le tableau n°4 (d'après le suivi des bioindicateurs réalisé dans le cadre du projet DEPHY EXPE STOP à La Réunion (Marquier, 2021)).

La présence de fourmis est notée à titre indicatif car ces dernières peuvent favoriser la prolifération du puceron. Ainsi, lors de l'observation, on note ou non leur. De même, la présence de fumagine à la surface des feuilles est notée afin de rendre compte de l'importance de l'attaque de pucerons et de l'impact de cette dernière sur le rendement.

La fiche de notation utilisée pour cette expérimentation est présentée en annexe I.

### **c. Démarche de l'analyse statistique des résultats obtenus**

Selon les résultats obtenus, une analyse statistique de ces derniers sera réalisée. Cette dernière a pour objectif de mettre en évidence une différence significative potentielle entre la population de puceron de la modalité témoin et celle de la modalité testée. Le second objectif est d'observer une potentielle corrélation des populations de pucerons et d'auxiliaires des deux modalités, avec l'hypothèse que grâce aux plantes relais et aux auxiliaires attirés par ces dernières, la population de pucerons est plus faible pour la modalité testée (« plantes relais »).

Pour cela, les données de suivi de population récoltées lors de cet essai sont rassemblées sous forme du tableur Excel. C'est à l'aide ce dernier que sera réalisée l'analyse statistique via le logiciel RStudio. Les données relevées étant quantitatives, un test de comparaison des moyennes peut être réalisé afin de comparer les différentes populations (pucerons et auxiliaires) observées lors de cet essai. Ainsi, une Anova grâce à un test de Fisher peut être réalisée après vérification de la normalité de la distribution des données récoltées et de leur homoscedasticité.

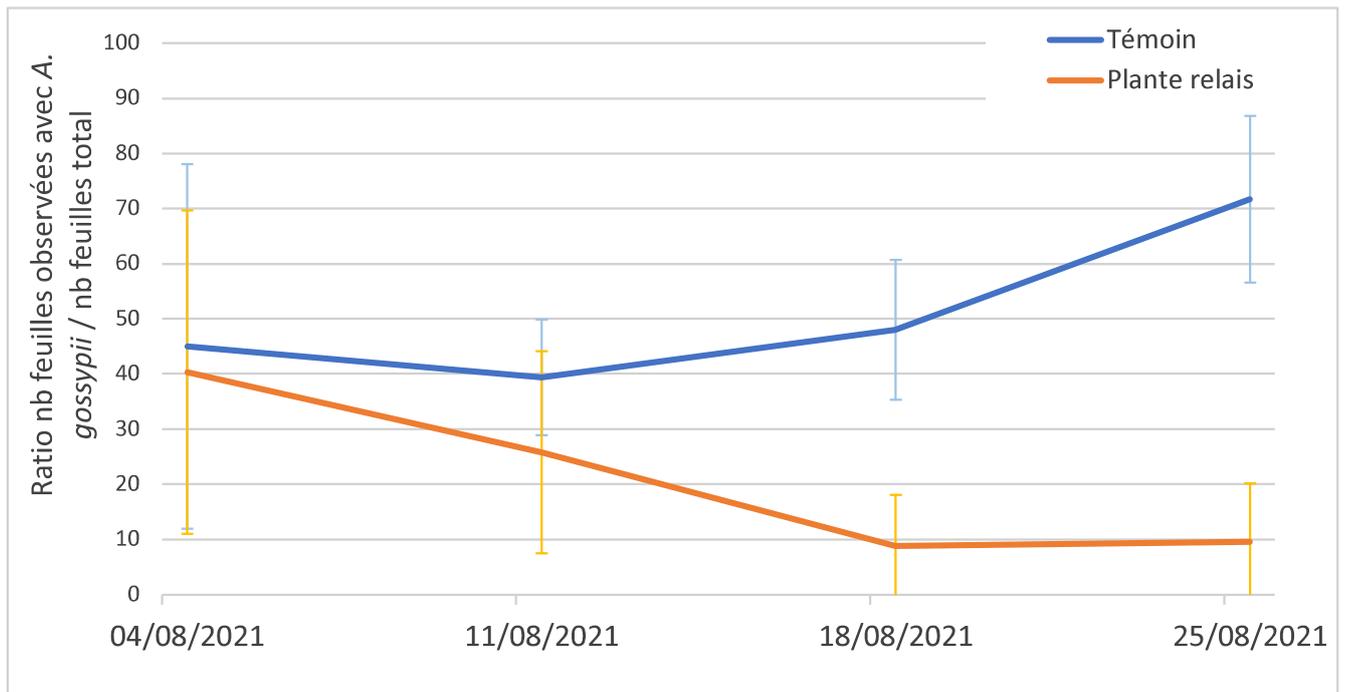


Figure n° 12 : Suivi de population de pucerons sur la modalité témoin et la modalité plantes relais au cours de l'essai. Le nombre de feuilles de concombre total est noté ainsi que le nombre de feuilles observées avec un foyer de pucerons pendant quatre semaines.



Figure n°13 : Différents auxiliaires observés sur concombre dans les deux modalités. (a) Larves (blanches) de coccinelle du genre Scymnus. (b) Larves de syrphes se nourrissant de pucerons (c) Larves d'hémérobes se nourrissant de pucerons (M. Harvoi, CIRAD).

## IV. Présentation des résultats et discussion

### a. Présentation des résultats de l'essai obtenus

La population de pucerons dans les deux modalités a été suivie du 4 au 25 Août 2021, ce qui représente au total quatre notations différentes. Comme le montre la figure n°12, globalement, la population de pucerons dans la modalité témoin est plus importante que dans la modalité « plantes relais ». Dans la modalité témoin, les concombres sont très attaqués par les pucerons et de la fumagine s'est formée sur la quasi-totalité du rang. Malgré la présence d'*A. gossypii* très tôt sur les concombres de la modalité « plantes relais », la population n'a pas explosé et les concombres se sont bien développés. La présence de fumagine et la forte pression puceron dans la modalité témoin ont entraîné un retard de développement, voire la mort de certains pieds.

Aucun puceron de l'espèce *R. maidis* n'a été observé sur les pieds de maïs installés à proximité des concombres. Cependant, un grand nombre de cicadelles ont été observées (quasiment sur chaque pied). Ces dernières ont rapidement colonisé les pieds de maïs et la population a explosé. Les cicadelles sont également attractives pour les auxiliaires, certains ont donc été observés (notamment des coccinelles). En revanche, aucune attaque de la noctuelle *Spodoptera frugiperda* (« chenille légionnaire d'automne »), récemment arrivée à Mayotte et ravageur important du maïs, n'a été observé.

Dans la modalité « plantes relais », des auxiliaires ont régulièrement été observés, notamment des coccinelles mais aussi quelques larves de syrphes et d'hémérobies (voir figure n°13). La population d'auxiliaires était, d'une façon générale, pas très importante mais possiblement corrélée avec celle des pucerons qui est restée faible et stable. Dans la modalité témoin, le cortège d'auxiliaires est relativement important, notamment lors d'observations tardives réalisées au mois de Septembre, et potentiellement corrélé avec la forte population de pucerons. Cependant, les auxiliaires n'ont pas permis de limiter la population de pucerons et l'impact de cette dernière sur le rendement. Il est à noter que des problèmes d'irrigation ont été relevés sur cette parcelle, ce qui a entraîné un stress hydrique pour les concombres et les a donc rendus plus vulnérables à l'attaque de pucerons. La figure n°14 montre l'impact de la colonisation des concombres de modalité témoin par *A. gossypii*.

L'évolution visuelle de l'essai peut être constatée grâce à l'annexe III. Cette dernière présente différentes photographies de l'essai réalisées du mois de Juillet à Septembre 2021.

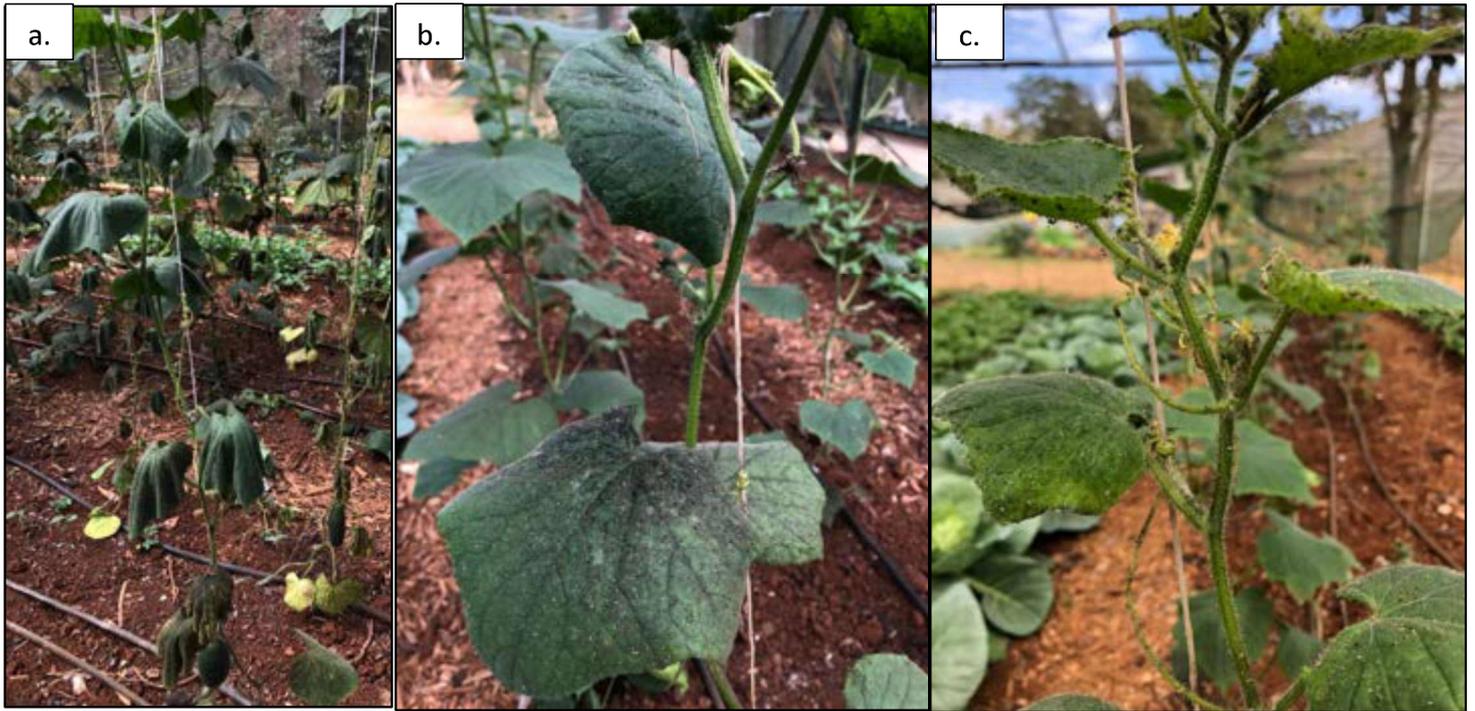


Figure n°14 : Dégâts causés par l'attaque d'*A. gossypii* sur la modalité témoin de l'essai – (a) Pied de concombre en cours de dépérissement. (b) Fumagine formée à la surface des feuilles suite à la production de miellat par les pucerons. (c) *A. gossypii* colonisant un pied de concombre.



Figure n°15 : Plusieurs difficultés rencontrées lors de l'élevage en cage du puceron du maïs – (a) Les plants de maïs sont trop grands pour la cage d'élevage, les feuilles sont donc pliées et certaines ont jauni. (b) Plants de maïs ayant dépéris en une semaine (M. Harvoi, CIRAD).

## **b. Discussion et analyse des résultats de l'étude**

### **i. Cas de l'élevage de *R. maidis***

L'une des premières difficultés rencontrées lors de cette étude a été de trouver des pucerons de l'espèce *Rhopalosiphum maidis* dans son environnement naturel (soit sur du maïs ou autre graminée cultivée, soit sur des graminées sauvages). Des prospections ont été réalisées pendant le mois d'Avril et le début du mois de Mai afin de trouver des individus. Cette prospection a été très longue car il s'est avéré que le maïs est essentiellement cultivé en saison des pluies, c'est-à-dire de Novembre à Mars. Quelques pieds de maïs ont cependant été trouvés chez un agriculteur, dans un milieu relativement humide. Ces derniers étaient infestés de pucerons. Mais cette découverte a été tardive (fin Avril) et l'élevage n'a pas pu démarrer avant cette date. Grâce à ces inflorescences de maïs infestées de pucerons, deux cages d'élevage ont pu être mises en place selon le protocole établi. Des larves de syrphes ont d'ailleurs été retirées avant la mise en élevage, confirmant l'attrait de cet auxiliaire pour *R. maidis*.

Cependant, le puceron du maïs est une espèce qui est très influencée par la température et, d'une manière générale, par les conditions dans lesquelles elle évolue (Goebel, 1997). La population de pucerons dans les cages d'élevage a donc mis beaucoup de temps avant de se développer. Pendant de longues semaines, seuls quelques individus étaient observés. L'une des raisons évoquées pour justifier de ce problème rencontré est qu'en conditions normales, le puceron se développe sur des maïs déjà grands (c'est-à-dire au stade panicule visible au fond du cornet) (Goebel, 1997). Or, les plants de maïs utilisés pour l'élevage sont âgés de seulement quelques semaines. En effet, ces derniers ne doivent pas être trop grands pour pouvoir être placés dans les cages d'élevage. La seconde hypothèse donnée a été la température à l'intérieur des cages d'élevage. Pour cela, des capteurs (Tiny tag) ont été placés afin d'enregistrer la température et voir si cette dernière était optimale pour le développement des pucerons. Le suivi a duré une semaine (du 15 au 23 Juin 2021) et a montré que les températures oscillaient entre 25 et 29°C selon le jour et la nuit (voir annexe II). Ces températures sont optimales pour le développement du puceron.

Ainsi, des plants de maïs plus âgés ont été utilisés, bien qu'à l'étroit comme le montre la figure n°15. Les pucerons se sont globalement mieux développés sur ces derniers mais des fluctuations de population ont régulièrement été observées, sans réelle explication. Par ailleurs, au début de l'élevage, les plants de maïs dépérissaient rapidement notamment en jaunissant peut-être par manque de lumière ou de fertilisation azotée (voir figure n°15). Un test a été réalisé avec succès pour tenter d'éviter ceci. Les semis étaient effectués dans un mélange de terreau et de terre à 50/50, avec un apport régulier d'azote car ce mélange était réutilisé pour réaliser les semis suivants.



Figure n°16 : Lipaphis erysimi, puceron du navet. Puceron choisi pour être l'hôte alternatif des ennemis naturels d'A. gossypii suite aux difficultés rencontrées avec l'utilisation de R. maidis (L. Maigné, CIRAD).



Figure n°17 : Lipaphis erysimi. (a) Individus observés (ailé et aptères) sur un plant de moutarde issu de l'élevage en cage de l'espèce. (b) Infestation de plantes relais (ici du radis chinois) à l'aide d'un échantillon de plante infesté par L. erysimi (M. Harvoi, CIRAD).

## ii. Adaptation des protocoles suite aux difficultés rencontrées avec *R. maidis*

Face aux différents problèmes rencontrés pour l'élevage de *R. maidis* et l'absence d'infestation naturelle, une solution alternative a été recherchée pour tenter de mener à bien l'étude. De fait, à la suite d'échanges avec les différents partenaires du projet RITA, l'utilisation d'un autre modèle plante relais/hôte alternatif a été évoqué. Plusieurs possibilités ont été discutées, avec notamment l'utilisation de *Brassicaceae* (Chou, navet, radis) comme plantes relais hôtes du puceron du navet *Lipaphis erysimi* Kalténbach, inféodé à cette famille. La figure n°16 montre la morphologie de ce puceron. Les protocoles d'élevage et de l'essai ont donc été rapidement adaptés afin d'intégrer les deux possibilités (Maïs/*R. maidis* et navet (par exemple)/*L. erysimi*). Ainsi, des semis de *Brassicaceae* (moutarde, radis, navet) ont été réalisés chaque semaine. Les semis étaient réalisés dans des pots en répartissant les graines à la surface du même mélange de substrat utilisé pour les semis de maïs. Plusieurs espèces ont été utilisées pour cet élevage afin de savoir sur laquelle ce puceron se développe le mieux. Il se trouve que la moutarde, en condition d'élevage en cage, a présenté la meilleure résistance à la colonisation importante par *L. erysimi*. Contrairement au maïs, le changement de plants dans les cages d'élevage a été réalisé dès que les plants montraient des signes d'affaiblissement (feuilles flétries, jaunissement, etc). L'élevage de ce puceron a relativement bien fonctionné par rapport à l'élevage de *R. maidis*, puisque c'est en tout trois cages d'élevage qui ont été mises en place.

Une prospection sur le terrain a été réalisée comme pour le puceron du maïs afin de trouver des individus. Des individus ont ainsi été trouvés sur du chou et mis en élevage. Une vérification de l'espèce a été réalisée afin de ne pas être confondue avec *A. gossypii*. Le puceron a été mis en élevage sur de la moutarde, du navet et du radis. Un roulement entre ces trois espèces a été réalisé pour les raisons citées précédemment et car à ce moment précis l'espèce utilisée comme plante relais pour l'essai n'avait pas été choisie. Ainsi, à côté du rang de maïs, ont été semés du radis chinois et du navet (variété Goldana) dans le but d'être infestés grâce à l'élevage. Le radis chinois a été semé à gauche du maïs et le navet à droite, au plus près du concombre.

La population de *L. erysimi* est restée importante dans les cages d'élevage jusqu'à la fin de l'essai, ce qui a permis de réaliser plusieurs infestations. Les infestations ont été réalisées en déposant une feuille infestée de pucerons en contact avec des feuilles de radis ou de navet, comme le montre la figure n°17. Malheureusement, ces infestations au champ n'ont toutefois pas fonctionné, probablement à cause des alizés. En effet, lors du placement des feuilles de navet, de radis ou de moutarde sur les feuilles de plantes relais, un fort vent a été constaté. Parfois, les feuilles infestées de pucerons s'envolaient. De plus, les variétés semées dans le cadre de l'essai (radis chinois et navet) n'étaient pas les mêmes que celles utilisées pour l'élevage en cage. Il est possible que ces dernières ne conviennent pas au puceron pour son développement.



Par ailleurs, l'utilisation des *Brassicaceae* comme plantes relais avec *L. erysimi* comme hôte alternatif ne semble pas être une solution optimale. En effet, les *Brassicaceae* sont très souvent cultivés (A Mayotte, surtout chou et navet) et peuvent être colonisés par *A. gossypii*. De fait, *L. erysimi* peut migrer des plantes relais vers ces cultures. Et inversement *A. gossypii* peut migrer vers les plantes relais ce qui peut entraîner la création involontaire d'un refuge pour ce puceron, ce qui serait l'inverse de l'effet escompté lors de l'utilisation des plantes relais. Enfin, le cycle du radis, navet ou encore chou est trop court pour correspondre d'une part à celui du concombre et d'autre part à une installation précoce pour assurer la présence d'un cortège d'ennemis naturels à l'arrivée d'*A. gossypii*.

### iii. Difficultés rencontrées lors de l'expérimentation

Les difficultés d'élevage des pucerons n'ont pas été les seules à être relevées lors de cette expérimentation. En effet, comme évoqué précédemment, les infestations ont été faites lors de la saison sèche où les alizés sont forts. Ces vents forts ont certainement été à l'origine des difficultés d'infestation relevées, avec par exemple les plants issus des élevages qui s'envolaient et la difficulté des pucerons à se déplacer. Ces vents ont été renforcés par le positionnement des rangs de plantes relais. En effet, les plantes relais ont été installées entre deux serres, ce qui provoque un couloir de vent.

Par ailleurs, les pucerons ne sont pas arrivés naturellement sur les plantes relais. Aucun individu n'a été observé sur le maïs et sur les *Brassicaceae*. Pourtant, des pucerons (*L. erysimi*) ont été observés sur des choux présents sur l'exploitation du lycée agricole, non loin de la parcelle d'essai. Néanmoins, peu d'auxiliaires ont été observés sur les choux colonisés par *L. erysimi*. Il se pourrait que ce puceron est peu attractif pour les auxiliaires, contrairement au puceron du maïs sur lequel de nombreux auxiliaires avaient été observés lors de la prospection sur le terrain. Ceci rend ce puceron peu intéressant dans le cadre de son utilisation comme hôte secondaire lors de la mise en place de plantes relais.

Enfin, les retards et les différents problèmes observés sur les élevages de pucerons ont entraîné un retard dans la mise en place de l'essai. Cette dernière a également été contrainte par les obligations du lycée en termes de délai de plantation de leurs cultures. En effet, il avait été convenu avec eux de se caler sur leur plantation de concombre pour mettre en place l'essai et donc de semer à l'avance les plantes relais là où les concombres seraient plantés. Les plantes relais ont donc bien été semées à l'avance, mais pas suffisamment. Le semis et la plantation des concombres étaient trop rapprochés. Les maïs n'étaient pas suffisamment grands pour recevoir les infestations de pucerons. Ceci corrélé avec les problèmes d'infestation relevés, le cortège d'auxiliaires n'était pas présent à la plantation des concombres et surtout à l'arrivée d'*A. gossypii*.



Figure n°18 : Colonie de cicadelles observée sur le rang de maïs de l'essai. Présence de mues, de larves et d'un adulte (M. Harvoi, CIRAD).

## Conclusion

Les plantes relais sont une technique prometteuse mais dont l'efficacité et la faisabilité restent encore à prouver, surtout dans le contexte agricole de Mayotte. En effet, les agriculteurs mahorais plantent ou sèment seulement des plantes qui peuvent être commercialisées par la suite. Ceci ne rentre pas réellement dans la définition classique d'une plante relais puisque cette dernière n'est pas censée être commercialisée, sinon on parle plutôt de culture associée (Ferre, 2016). Cependant, une adaptation de la technique peut être imaginée. C'est pour cela que le maïs a été choisi pour remplir la fonction de plante relais. Cette culture est connue par les agriculteurs mahorais et les épis sont valorisables, ce qui est très important pour l'acceptation de cette méthode. Le maïs est hôte d'un puceron qui ne s'attaque pas aux cultures maraîchères, ce qui en fait la plante relais idéale. Cependant, plusieurs problèmes ont été relevés lors de cette étude, notamment la difficulté à allier le cycle du maïs avec celui de culture du concombre. Mais le maïs est aussi sujet à d'autres attaques de ravageurs, comme la cicadelle (voir figure n° 18) et la chenille de la noctuelle (*S. frugiperda*) qui remettent en cause son utilisation comme plante relais.

Pour cette étude, les résultats obtenus sont restreints, d'autant que nous n'avons aucun recul ou expérience localement, mais de nombreuses perspectives d'amélioration ont été soulevées et pourront être développées dans de futures expérimentations. La technique d'élevage est maintenant au point, surtout pour *L. erysimi*, mais il faudrait affiner les espèces et variétés de crucifères à utiliser, dont des choux à cycle long. Les populations de pucerons se sont mieux développées lors de l'introduction de plants de maïs plus âgés. Reconduire cette expérimentation en saison des pluies serait optimale. En effet, le maïs est cultivé à cette saison et il n'a pas besoin d'être arrosé. Des pucerons pourront donc être facilement trouvés chez les agriculteurs ou arriveront de façon naturelle. Par ailleurs, la mise en place de l'essai doit être bien anticipée et réfléchie. Le semis de maïs entre deux serres semble bien fonctionner, puisqu'il permet d'avoir la plante relais relativement proche de la culture, ici le concombre. Mais le maïs doit être semé au moins un mois avant la plantation du concombre afin que ce dernier puisse être suffisamment grand, que les pucerons aient le temps de se développer et surtout que les auxiliaires soient arrivés en grand nombre. Peut-être qu'un délai supérieur sera nécessaire pour cela, notamment pour que les auxiliaires aient suffisamment de temps pour se développer. Afin de conserver le cortège d'auxiliaires tout au long de la culture, il est possible d'imaginer qu'un semis de maïs soit réalisé régulièrement. La densité de semis n'a pas forcément besoin d'être aussi importante qu'en condition de culture. On peut donc imaginer faire un semis tous les mètres au départ. Puis toutes les deux semaines ou tous les mois, ressemer dans cet espace afin de conserver les populations d'ennemis naturels sur le long terme. Lorsque les plus anciens maïs seront trop vieux (plus aucun



Figure n°19 : L'ambrevade (pois d'Angole), légumineuses cultivées à Mayotte et hôte d'un puceron noir, qui pourrait être utilisée comme plantes relais à la place du maïs (L. Vanhuffel, 2021).

pucerons observés), ils pourront être coupés et remplacés par un nouveau semis. On peut également semer en mélange le maïs et les crucifères.

Enfin, une autre plante relais potentielle a été mise en évidence récemment et serait intéressante à étudier : le pois d'Angole (« embrevade », *Cajanus cajan*), une *Fabaceae* semi-pérenne, présentée dans la figure n°19, qui héberge les pucerons *Aphis fabae* ou *A. craccivora*, Il s'agit d'une plante cultivée à Mayotte, souvent associée au manioc.

Il n'est pour le moment pas possible de conclure quant à l'efficacité et la faisabilité de la technique des plantes relais à Mayotte. Il sera intéressant de reconduire cette expérimentation en tenant compte des améliorations soulevées.



## Références bibliographiques

Andorno A. V. et López S. (2014). Biological control of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) through banker plant system in protected crops. *Biological Control*, vol. 78, p. 9-14.

Boll R., Geria A., Marconi A., Migliore O., Salles M. et Fauvergue X. (2001). Contre les pucerons en serres de concombre – Les plantes relais : Une solution de lutte biologique ? *Phytoma, La Défense des Végétaux*, n°536, p. 40-44.

Conte L., Chiarini F. et Montá L.D. (2000a). Comparison between two methods for biological control of *Aphis gossypii* Glover (Rhynchota, Aphididae) in organic greenhouse melons. In: Alfoldi, T., Lockeretz, W., Niggli, U. (Eds.), IFOAM 2000: the world grows organic. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel, Switzerland, p.126.

Conte L., Chiarini F. et Montá L.D. (2000b). Biological control of *Aphis gossypii* Glover (Rhynchota, Aphididae) in organic greenhouse cucumbers using “banker plants” as open rearing units of beneficials: two years of trials. In: Alfoldi, T., Lockeretz, W., Niggli, U. (Eds.), IFOAM 2000: the world grows organic. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel, Switzerland, p. 124.

Deguine J.-P., Franck A., Jacquot M. et Vincenot D. (2019). Reconnaître et favoriser les auxiliaires des cultures à La Réunion. Cirad, Chambre d’agriculture de La Réunion (eds). 132 p.

Eudeline R., Hawlitschek O. et Rouillé A. (2020). Indian Ocean field Guide: Terrestrial fauna of the Comoros Archipelago. 332 p.

Ferre A. (2016). Les plantes de service, pivot de la production alternative. *Phytoma : la santé des végétaux*, n° 691, p. 22-26.

Fischer S. et Leger A. (1997). Lutte biologique contre les pucerons du concombre en serre au moyen de plantes banques. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 29 (2): p. 119-126.

Frank S. D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker Plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, vol. 52, no 1, p. 8-16.

Goebel R. (1997). Fiche technique sur les ravageurs des cultures dans l’océan Indien : Le puceron du maïs *Rhopalosiphum maidis* Fitch (*Hemiptera : Aphididae*). CIRAD.



Goude M., Salvador B., Perrin B., Dayraud C et Pons R. (2017). Produire des plantes relais pour le maraîchage sous abri. GIEE Phytobiomar, CIVAMBIO66, INRA Alénia, EPL Theza-Rivesaltes, 4 p.

Hullé M., Turpeau-Ait Ighil E., Robert Y. et Monnet Y. (1999). Les pucerons des plantes maraîchères : Cycles biologiques et activités de vol. Agraphid, ACTA et INRAE, 136 p.

IRAC (2021). Cotton aphid : Resistance alert.

Jacobson R. J. et Croft P. (1998). Strategies for the control of *Aphis Gossypii* Glover (Hom.: Aphididae) with *Aphidius Colemani* Viereck (Hym.: Braconidae) in protected cucumbers. Biocontrol Science and Technology, vol. 8, no 3, p. 377-87.

Jandricic S. E., Dale A. G., Bader A., Frank S.D. (2014). The effect of banker plant species on the fitness of *Aphidius colemani* Viereck and its aphid host (*Rhopalosiphum padi* L.). Biological Control, vol. 76, p. 28-35.

Kim Y. and Kim J. (2004). Biological control of *Aphis gossypii* using barley banker plants in greenhouse grown oriental melon. In: Hoddle, M.S. (Ed.), California Conference on Biological Control IV, Berkeley. Center for Biological Control, College of Natural Resources, University of California, Berkeley, USA.

Kruess A. & Tscharntke T. (1994). Habitat fragmentation, species loss, and biological control. Science 264 (5165), p. 1581-1584.

Lourencao A.L., Francelli M., Costa V.A. et Ribeiro N.C. (2007). Parasitismo em trialeurodes variabilis (Quaintance) (Hemiptera: Aleyrodidae) por *Encarsia hispida* De Santis (Hymenoptera: Aphelinidae), em mamoeiro, no Brasil. Neotropical Entomology 36, p. 147–149.

Marquier M. (2021). Protocole suivi des bioindicateurs - DEPHY EXPE STOP. 4 p.

Michels G.J. et Matis J. H. (2013). Corn Leaf Aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae), is a key to greenbug, schizaphis graminum (Hemiptera: Aphididae), biological control in grain sorghum, sorghum bicolor. EJE, vol. 105, no 3, p. 513-20.

Ryckewaert P., (2018). Inventaire des insectes des cultures maraîchères de Mayotte, 27p. [document interne]

Ryckewaert P., (2019). Inventaire des insectes des cultures maraîchères de Mayotte, 27p. [document interne]



Ryckewaert P. et Rhino B. (2017). Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide : Reconnaissance, bio-écologique et gestion agro-écologique. Éditions Quae, 151 p.

Sary P. (1993). Alternative host and parasitoid in first method in aphid pest management in glasshouses. *Journal of Applied Entomology* 116, p. 187–191.

Turpeau-Ait Ighil E., Dedryver C.A., Chaubet B. et Hullé M. (2011). Les pucerons des grandes cultures : Cycles biologiques et activités de vol. Éditions Marie-Paul Montmorency, 135 p.

Van Driesche R., Lyon S., Sanderson J.P., Bennett K.C., Stanek III E.J. et Zhang R. (2008). Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Florida Entomologist* 94, p. 583–590.

Weintraub P.G. (2007). Integrated control of pests in tropical and subtropical sweet pepper production. *Pest Management Science*, vol. 63, no 8, p. 753-60.

Xiao Y., Chen J., Cantliffe D., Mckenzie C., Houben K. et Osborne L.S. (2011). Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphilidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production. *Biological Control*, vol. 58, no 3, p. 239-47.



## Liste sitographique

20 Minutes (2019). Mayotte : Des tomates contaminées par un insecticide interdit.

<https://www.20minutes.fr/sante/2439755-20190130-mayotte-tomates-contaminees-insecticide-interdit> (Mis à jour le 30/01/2019)

Cirad (2021). Nous connaître : Le Cirad en bref. <https://www.cirad.fr/nous-connaître/le-cirad-en-bref> (Consulté le 10/09/2021)

Ephytia (INRAE) (08/01/2021). *Aphis gossypii* (puceron du melon et du cotonnier – Biologie et Dégâts. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/23637/Tropileg-Puceron-du-melon-et-du-cotonnier-i-Aphis-gossypii-i> (Consulté le 30/08/2021)

Ephytia (INRAE) (05/07/2018). *Rhopalosiphum maidis* : Caractéristiques du ravageur et de ses dégâts. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16441/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats> (Consulté le 30/08/2021)

INRAE (27/09/2010). *Aphis gossypii* Glover, 1877. <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Aphis/A.-gossypii> (Mis à jour le 20/03/2020)

INRAE (08/11/2010). *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856). <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Rhopalosiphum/R.-maidis> (Mis à jour le 27/08/2018)

Koppert (06/06/2018). Puceron du cotonnier – *Aphis gossypii*. <https://www.koppert.fr/defis/pucerons/puceron-du-cotonnier/> (Consulté le 23/08/2021)

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (03/02/2021). Le plan Ecophyto, qu'est-ce que c'est ? <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest> (Consulté le 05/06/2021)

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (21/02/2020). Qu'est-ce que le Cirad ? <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-le-cirad> (Consulté le 10/09/2021)

N. Tardif, animatrice du RITA à Mayotte (Juin 2018). RITA Mayotte : Présentation détaillée. <https://coatis.rita-dom.fr/mayotte/?PresentationDetaillee> (Mis à jour le 7/06/2018)



# **ANNEXES**



## **Table des annexes**

<i>Annexe I : Fiches de notation utilisées lors du suivi de l'essai.....</i>	<b>1</b>
<i>Annexe II : Suivi de la température et de l'humidité au sein d'une cage d'élevage au cours d'une semaine grâce au dispositif Tiny tag. ....</i>	<b>4</b>
<i>Annexe III : Suivi en photo de l'évolution de l'essai au cours des mois de Juillet et Août 2021. ....</i>	<b>5</b>



**Annexe I : Fiches de notation utilisées lors du suivi de l'essai.**

Stade phénologique du maïs	Stade phénologique du radis	Stade phénologique du navet	Stade phénologique du concombre

	<i>Lipaphis erysimii</i>	Araignée	Syrphe	Coccinelles	Momies de pucerons	Chrysopes	Fourmis	Autre
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								



	<i>Aphis gossypii</i>	Araignée	Syrphe	Coccinelles	Momies de pucerons	Chrysopes/Hémérobés	Fourmis	Autre
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

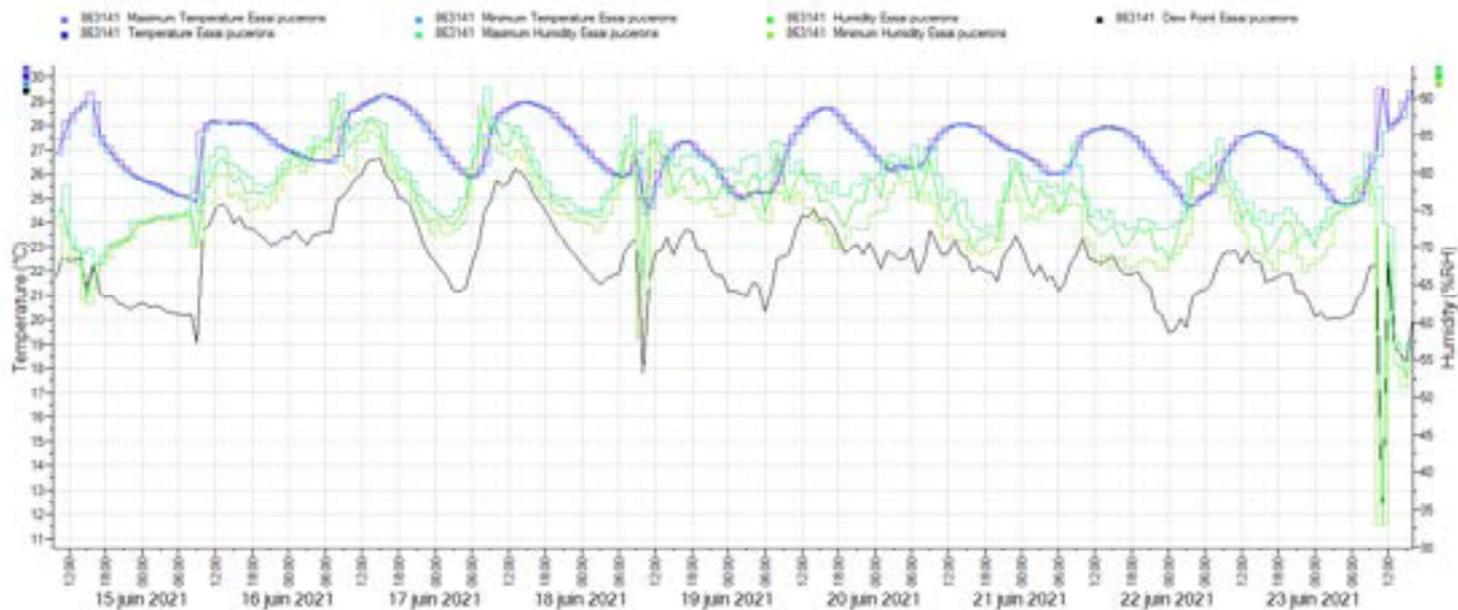


	<i>Rhopalosiphum maïdis</i>	Araignée	Syrphe	Coccinelle s	Momies de pucerons	Chrysopes	Fourmis	Autre
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								



**Annexe II : Suivi de la température et de l'humidité au sein d'une cage d'élevage au cours d'une semaine grâce au dispositif Tiny tag.**

Essai pucerons





**Annexe III : Suivi en photo de l'évolution de l'essai au cours des mois de Juillet et Août 2021.**











	Diplôme: Master Mention : Biologie Végétale (BV) Parcours : Filières de l'Horticulture et Innovations
Auteur(s) : Maureen HARVOI Date de naissance* : 13/11/1996	Organisme d'accueil : CIRAD Adresse : 129 Boulevard Hassani
Nb pages : 26                      Annexe(s) : 3	BP 1304
Année de soutenance : 2021	97600 Mamoudzou Maître de stage : Philippe Ryckewaert
Titre français : Optimisation de la lutte biologique contre <i>Aphis gossypii</i> sur cucurbitacées à Mayotte par l'utilisation des plantes relais. Titre anglais : Optimization of biological control against <i>Aphis gossypii</i> on cucurbits in Mayotte through the use of banker plants.	
Résumé : <i>Aphis gossypii</i> est un puceron polyphage qui s'attaque au concombre. Pour lutter contre ce puceron, il est possible de mettre en place des plantes relais à proximité de la culture de concombres afin d'éviter l'utilisation de produits phytopharmaceutiques. Cette technique repose sur l'utilisation d'une plante non commercialisée attirant un hôte alternatif permettant d'attirer des auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes en autres) La faisabilité de cette technique a été testée dans le cadre de cette étude dans le contexte particulier de l'agriculture mahoraise entre les mois d'Avril et d'Août 2021. Ainsi, le maïs a été utilisé comme plante relais et a été mis en place à proximité d'une serre de concombre. Plusieurs difficultés techniques ont été observées, notamment car le maïs n'est pas cultivé à cette saison à Mayotte. De plus, aucune infestation naturelle de l'hôte alternatif <i>Rhopalosiphum maidis</i> n'a été observée au cours de l'essai. Ainsi, il n'est pour le moment pas possible de conclure quant à la faisabilité et l'efficacité de cette technique à Mayotte.	
Abstract: <i>Aphis gossypii</i> is a polyphagous aphid that attacks cucumber. To control this aphid, banker plants can be used near the cucumber crop to avoid use of pesticides. This technique is based on the use of a non-crop plant attracting an alternative host. This alternative host attracts natural enemies of <i>Aphis gossypii</i> (predators and parasitoids). The feasibility of this technique was tested in this study in the context of agriculture in Mayotte between April and August 2021. Thus, corn was used as a banker plant near a cucumber greenhouse. Several technical difficulties were observed, because corn is not cultivated at this season in Mayotte. Moreover, no natural infestation of the alternative host <i>Rhopalosiphum maidis</i> was observed during the study. Thus, it is not possible to conclude on the feasibility and efficiency of this technique in Mayotte.	
Mots-clés : <i>Aphis gossypii</i> , concombre, ennemis naturels, hôte alternatif, plantes relais, <i>Rhopalosiphum maidis</i> . Key Words: Alternative host, <i>Aphis gossypii</i> , banker plants, cucumber, natural enemies, pest, <i>Rhopalosiphum maidis</i>	

\* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires