

Capitalisation sur les moyens de lutte biologique applicable en Région Boeny

Décembre 2021



Les avis et opinions exprimés dans ce document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas forcément les vues du ProSol/GIZ.

Mandaté par :
Projet « Protection et Réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire » (ProSol)
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Villa Ryan
La Corniche
MAHAJANGA 401
République de Madagascar
C : fabrice.lheriteau@eco-consult.com

Auteur : Alain Barbet
Montpellier-France – 16/12/2022
Version 01

Table des matières

1	Contexte général.....	7
2	Bref rappel des TDR.....	9
3	Méthodologie.....	9
4	Inventaire phytosanitaire.....	13
4.1	Maïs.....	13
4.2	Riz.....	14
4.3	Niébé, pois d'Angole et haricot.....	15
4.4	Manioc et patate douce.....	17
4.5	Cultures Maraîchères.....	18
4.6	Arboriculture (Papayers, Agrumes et Manguiers).....	22
5	Mesures de contrôle des bioagresseurs	23
5.1	Méthodes de protection des plantes	24
5.2	Moyens de lutte alternative testés à Madagascar.....	27
5.3	Moyens de lutte alternative testés à l'international.....	33
6	Méthodes de lutte à tester à Boeny	42
6.1	Les pratiques culturales.....	42
6.2	Les extraits naturels à base de plantes insecticides.....	44
6.3	Les produits entomopathogènes	45
6.4	Les produits bioinsecticides	45
7	Plan d'action pour la région Boeny	47
8	Bibliographie	53
9	Annexes	66
9.1	Description succincte des principaux ravageurs d'importance économique.....	66
9.2	Description des préparations à base de plantes insecticides.....	132
9.3	Description des préparations à base de produits animaux.....	144
9.4	Photothèque utilisée dans l'identification des bioagresseurs	146
9.5	Liste des organismes nuisibles des cultures vivrières, maraîchères et fruitières présents sur le territoire national.....	160

Liste des tableaux

Tableau 1 : Plan de travail et calendrier de la mission	10
Tableau 2 : Ravageurs du maïs	13
Tableau 3 : Maladies du maïs.....	14
Tableau 4 : Ravageurs du riz	14
Tableau 5 : maladies du riz	15
Tableau 6 : Ravageurs du niébé, pois d'Angole et haricot.....	16
Tableau 7 : Ravageurs du manioc et patate douce	17
Tableau 8 : Maladies du manioc	18
Tableau 9 : Ravageurs des cultures maraichères.....	18
Tableau 10 : Maladies des cultures maraichères	21
Tableau 11 : Ravageurs en arboriculture fruitière.....	22
Tableau 12 : Maladies en arboriculture fruitière	23
Tableau 13 : Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle distribués à Madagascar	29
Tableau 14 : Liste des produits bioinsecticides	45

Liste des figures

Figure 1 : Cycle du <i>Helicoverpa armigera</i>	66
Figure 2 : Stades larvaires (L4-L6) causant des dégâts aux cultures et adulte de <i>H. armigera</i>	67
Figure 3 : Cycle du <i>Spodoptera frugiperda</i>	69
Figure 4 : Stades larvaires (L4-L6) causant des dégâts aux maïs et adulte de <i>S. frugiperda</i>	69
Figure 5 : Dégâts sur cultures maraichères. Larves âgées (L4-L6) et adulte de <i>S. littoralis</i>	71
Figure 6 : Stades larvaire (tige de maïs), nymphale et adulte de <i>S. calamistis</i> . Hyménoptère parasitoïde à la recherche de larves dans une tige de canne à sucre	73
Figure 7 : Larves L3, L5 et L6 dans tiges de maïs et canne à sucre. Adulte de <i>E. saccharina</i>	75
Figure 8 : Larves et dégâts sur feuilles, tiges et épis de maïs. Adultes de <i>Busseola phaia</i>	77
Figure 9 : Larves, chrysalides (mâle et femelle) et adulte de <i>C. partellus</i> . Dégâts sur maïs.....	79
Figure 10 : Larves, chrysalides et adulte de <i>C. orichalcociliellus</i> . Dégâts sur maïs et canne à sucre.	80
Figure 11 : Larves, chrysalides (mâle et femelle) et adulte de <i>M. separatella</i> . Dégâts sur riz	82
Figure 12 : Larves, chrysalides et adulte de <i>P. stagnalis</i> . Dégâts sur riz	84
Figure 13 : Larves et adulte de <i>M. vitrata</i> . Dégâts sur haricot et niébé.	86
Figure 14 : Larves et adulte de <i>L. boeticus</i> . Trois parasitoïdes efficaces sur les œufs et larves de <i>L. boeticus</i>	88
Figure 15 : Larves de dernier stade et adulte de <i>P. xylostella</i> . Dégâts sur choux.....	89
Figure 16 : Larves (L2, L3 et L5) et adulte au repos de <i>T. absoluta</i> . Dégâts sur fruits et feuilles.....	91
Figure 17 : Larves (L1, L2, L3 et L4) et adulte ailé de <i>M. persicae</i> . Dégâts sur feuilles.	94
Figure 18 : Larves et adulte de <i>T. aurantii</i> . Colonies sur feuilles et tige.	96
Figure 19 : Colonies et adultes isolés de <i>A. craccivora</i> . Guêpes parasitoïdes et coccinelles prédatrices.	98
Figure 20 : Larves (L1, L2, L3 et L4) et adulte ailé de <i>A. gossypii</i> . Dégâts sur fleur de Cucurbitacées. <i>Aphidius colemani</i> , Hyménoptère parasitoïdes.....	100
Figure 21 : Œufs, larves (L3), puparium et adultes aillés de <i>B. tabaci</i> . Colonies d'adultes sur chou.	102

Figure 22 : Infestation de <i>T. erythrae</i> sur feuilles de <i>Citrus sp.</i> Adulte en position de prise de nourriture.....	104
Figure 23 : Infestation d' <i>A. albus</i> sur tiges de manioc. Le parasitoïde <i>Aphytis chrysomphali</i> en posture de ponte.	105
Figure 24 : Larves L4 (mâle et femelle) et adultes de <i>P. marginatus</i> sur papayer. <i>A. papayae</i> et <i>C. montrouzieri</i> , deux ennemis naturels efficaces de <i>P. marginatus</i>	107
Figure 25 : Larves et adultes de <i>I. seychellarum</i> sur avocatier. <i>Pachyneuron longiradius</i> et <i>Rodolia cardinalis</i> , deux ennemis naturels efficaces de <i>I. seychellarum</i>	109
Figure 26 : Larves et adultes de <i>Saissetia coffeae</i> sur manioc. <i>Coccophagus spp.</i> et <i>Encyrtus aurantii</i> , deux ennemis naturels efficaces de <i>S. coffeae</i>	111
Figure 27 : Adultes de <i>Clavigralla tomentosicollis</i>	113
Figure 28 : Adultes de <i>Anoplocnemis madagascariensis</i> . <i>Protelenomus spp.</i> , un ennemi naturel efficace de <i>A. madagascariensis</i> . .	114
Figure 29 : Larves, pupes et adulte de <i>B. dorsalis</i> . Dégâts sur mangues. Hyménoptères parasitoïdes sur œufs et larves de <i>B. dorsalis</i>	116
Figure 30 : Adulte de <i>C. malgassa</i>	118
Figure 31 : Larves, œufs sur courgette et adulte femelle de <i>D. demmerezi</i> sur feuille de maïs.	119
Figure 32 : Méthode de lutte agroécologique : utilisation de pièges sexuels pour un piégeage de masse et de plantes pièges (maïs) pour attirer les adultes hors de la parcelle et les traiter avec du Syneis Appat®.	120
Figure 33 : Larves et adulte de <i>L. trifolii</i> . Galeries sur feuilles de tomates et haricot.	122
Figure 34 : Larves (tiges) et adulte de <i>O. phaseoli</i> . Larves sur cotylédons de haricot. Dégâts sur plant de niébé. Principaux Hyménoptères parasitoïdes de <i>O. phaseoli</i>	124
Figure 35 : Larves (L1, L2, L3) et adulte de <i>H. arator</i> . Larve L3 et adulte de <i>H. plebeius</i> . Piège Pitfall installé en riz pluvial pour détecter les premiers adultes.....	126
Figure 36 : Larves et adulte de charançons de la patate douce. Dégâts sur tubercule. Piège et attractif sexuel pour la capture d'adultes sur un rayon de 60 mètres pendant 6 mois.	127
Figure 37 : Larves et adulte de <i>T. urticae</i> . Décoloration du feuillage. Toile visible sur tiges et feuilles.	130

Liste des acronymes

AB	Agriculture biologique
ACMV	Mosaïque africaine du manioc
AFD	Agence Française et Développement
AIM	Action Intercooperation Madagascar
BMZ	Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement
BNCCC	Bureau National de Coordination des Changements Climatiques
AMADESE	Association Malagasy pour le Développement Economique, Social et Environnemental
CABI	Centre for Agriculture and Biosciences International
CEFFEL	Centre d'expérimentation et de formation en fruit et légume
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CLA	Chenilles légionnaires d'automne
DAR	Délai avant récolte
DGA	Direction Générale de l'Agriculture
DIREDD	Direction inter-régionale de l'environnement et du développement durable
DPV	Direction de la Protection des Végétaux
DRAE	Direction Régionale de l'Elevage de l'Agriculture
ELISA	Enzyme-Linked Immuno Assay
ESSA	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FERT	Association Française de Coopération Internationale pour le Développement Agricole
FIDA	Fonds International de Développement Agricole
FIFATA	FIkambanana FAmpivoarana ny Tantsaha
FOFIFA	Centre National de Recherche Agronomique
GSDM	Professionnels de l'agroécologie
MINAE	Ministère de l'Agriculture de l'Elevage
ONG	Organisation non gouvernementale
OP	Organisation Paysanne
PROSPERER	Programme de Soutien aux Pôles de Micro-Entreprises Rurales et aux Economies Régionales
RT-PCR	Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction
RYMV	Rice Yellow Mottle Virus
SOCTAM	Société de Culture de Tabacs
STD	Services Techniques Déconcentrés
TDR	Termes de référence
UE	Union Européenne

1 Contexte général

Madagascar est l'un des pays les plus pauvres au monde (158^{ème} rang sur 188 pays par son IDH en 2016) et seuls 10% des Malgaches vivent au-dessus du seuil de pauvreté défini à l'échelle internationale¹. C'est aussi l'un des pays les plus vulnérables aux aléas météorologiques extrêmes (cyclones, inondations ou sécheresses), classé au 8^{ème} rang mondial et au 4^{ème} à l'échelle des pays africains².

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), un tiers environ des sols de l'île sont dégradés, en grande partie par l'érosion. L'érosion appauvrit le sol mais touche aussi les écosystèmes terrestres et leur diversité biologique, et lorsque le sol érodé arrive dans les cours d'eau et dans les lacs, il affecte également la viabilité des écosystèmes aquatiques. La gouvernance du secteur des ressources naturelles est faible et s'est encore amoindrie depuis la crise.

Les trois grands moteurs de changement observés de désertification et de dégradation des terres à Madagascar, sont la déforestation et la dégradation des forêts, le changement d'utilisation des terres et les feux.

La Région Boeny d'une superficie d'environ 30 000 km², est située sur la partie littorale Nord-Ouest de Madagascar. Trois types de sols d'origines ferrugineux caractérisent la pédologie de la région. Les sols des tanety latéritiques rouges en bordure des bassins versants, les sols hydromorphes des bas-fonds ou de plaines situées à quelques kilomètres des embouchures des trois grands fleuves (Mahavavy, Betsiboka et Mahajamba) et les baiboho, d'une superficie de 250 000 ha qui se trouvent sur les bourrelets de chaque berge des grands fleuves qui traversent la région.

Pour ce qui est de la climatologie, la région de Boeny appartient à la zone climatique tropicale sèche, fortement influencée par la mousson³. Elle présente 75 à 110 jours humides et plus de 185 jours secs, et on peut noter deux saisons bien distinctes :

- une saison pluvieuse (Asara) de 5 mois de novembre à avril où la précipitation annuelle varie de 400 mm (janvier) à 700 mm (avril). Le nombre maximum de jours de pluie est de 20 jours (janvier) et la température tourne autour de 27°C et 28°C. Les pluies se présentent sous forme d'orages violents.
- une saison sèche allant de mai à octobre avec une précipitation de 1 mm (juin) à 20 mm (octobre) avec une variation plus importante de la température de 24°C (juillet) à 27°C (octobre). Ainsi durant la saison sèche et fraîche, la région Boeny ne reçoit presque pas de pluies (entre 0 et 20 mm).

Selon une étude récente, la perception locale du changement climatique de la région a évolué il y a une dizaine d'années. Une majorité des enquêtés ont noté un retard dans le début de la saison des pluies (87%) et une diminution significative dans sa durée (95%).

En termes de problèmes environnementaux, la région Boeny fait face depuis le début des années 2000 à une dégradation de la biodiversité, un envasement du littoral par la destruction de ses zones de mangroves, une déforestation/savanisation et une érosion du sol de son territoire⁴.

Pour faire face à cette situation, Madagascar s'est engagé, depuis les années 2000 dans de nombreuses initiatives avec l'appui de ses partenaires multilatéraux et bilatéraux dont la Coopération allemande.

Dans le cadre de sa récente initiative spéciale « Un seul monde sans faim » (SEWOH), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ) a une double priorité : lutter pour la sécurité alimentaire et améliorer la gestion des ressources naturelles. Au cœur de cet objectif double, un programme de la GIZ — Coopération allemande au développement — permet la protection et la réhabilitation

¹ Bureau national de coordination des changements climatiques (BNCCC, 2017).

² Global Climate Risk Index (2017).

³ Ce régime de vent apporte beaucoup d'humidité avec lui d'où sa contribution au régime pluviométrique de la région de Boeny.

⁴ Tableau de Bord Environnemental (TBE) de la Région Boeny (2006).

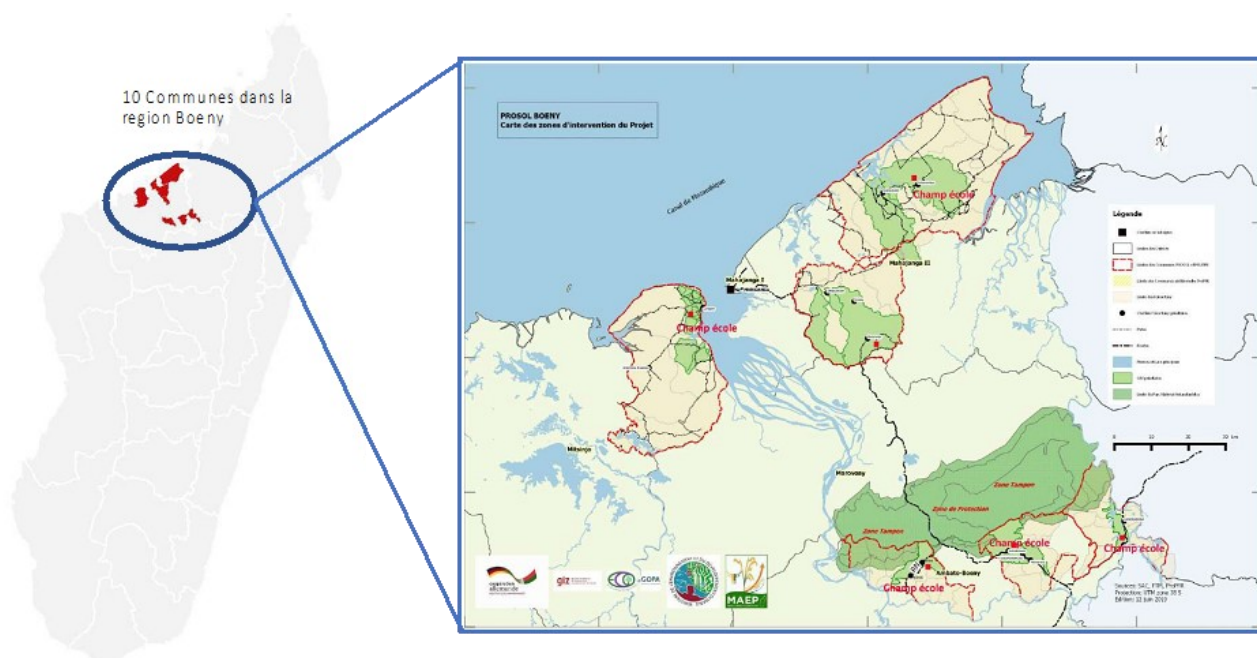
des terres agricoles gérées par les petits producteurs dans sept pays : Bénin, Burkina Faso, Éthiopie, Kenya, Inde, Madagascar et Tunisie.

Dans sa composante malgache, le projet ProSol vise la conception et l'opérationnalisation de plans d'aménagement durables du paysage à intégrer dans des documents de planification existants. Ces plans doivent prioriser la protection et la réhabilitation des sols à des fins de sécurité alimentaire. Le projet intervient sur trois districts de la région du Boeny où 2 ou 3 organisations locales bénéficient, sur chaque district, de subventions locales et d'un appui technique d'ONG.

Le projet est organisé en trois champs d'action :

- Champ d'action 1 : mise en œuvre de mesures de protection des sols et réhabilitation des terres
- Champ d'action 2 : ancrage politique et institutionnel de la thématique protection des sols et réhabilitation des terres
- Champ d'action 3 : gestion des connaissances relatives à la thématique protection des sols et réhabilitation des terres et mise en réseau des détenteurs et bénéficiaires potentiels de ces connaissances.

La composante 1 est mise en œuvre par le consortium ECO Consult/GOPA sur une dizaine de communes de la Région Boeny dans 4 Districts : Mahajanga II, Ambato Boeny, Mitsinjo et Marovoay Banlieue.



Les activités programmées reposent sur la conception et la diffusion de techniques de gestion durable des terres. Toutefois, les pertes de récolte dues aux ravageurs des cultures constituent un sujet de préoccupation important pour les paysans. Parmi les bioagresseurs les plus couramment rencontrés dans la région Boeny, les paysans citent en particulier les ravageurs suivants :

- punaises sur haricot mungo et niébé (vecteurs de virus)
- chenilles légionnaires d'automne (CLA) sur maïs
- chenilles défoliatrices sur cultures maraîchères
- insectes terricoles sur riz du genre *Heteronychus spp.* (Coléoptères - Scarabéidés)
- oiseaux granivores sur riz, sorgho et mil
- escargots en pépinières
- criquet sur toutes cultures vivrières et fourragères.

Pour combattre ces ennemis des cultures d'importance économique, le recours aux pesticides de synthèse a trouvé depuis quelques années ses limites (perturbateurs de l'écosystème, dangereux pour la santé humaine et

animale, non accessibles pour les paysans,...), et des moyens de lutte « plus naturels » apparaissent comme nécessaire pour répondre à l'attente des producteurs. Mais pour assurer cette transition, un accompagnement doit être réalisé sur des résultats d'expériences participatives réussies - au niveau national et international - afin d'apporter la démonstration de l'efficacité et de la fiabilité des techniques alternatives à la lutte chimique contre les bioagresseurs des cultures.

La présente prestation devra permettre d'apporter davantage de précision sur les pratiques déjà existantes et d'élargir la gamme des techniques à utiliser en milieu paysan.

2 Bref rappel des TDR

L'objectif de la prestation est d'identifier les techniques de lutte biologique utilisables par les paysans du Boeny de l'installation de culture jusqu'à la conservation de la récolte et de proposer un plan d'action applicable au niveau du projet ProSol.

Les résultats attendus par cette prestation sont :

- Une analyse suivie d'une classification des principaux ennemis des cultures de la Région Boeny et une identification des ennemis naturels de ces ravageurs est disponible.
- Une revue des moyens de lutte biologiques testés à Madagascar et dans les autres pays tropicaux à conditions agro-météorologiques similaires à Madagascar, est produite avec une analyse de leur pertinence sur la base des expériences de projets de développement agricoles ou de sociétés agricoles.
- Une analyse des solutions techniques à tester est produite.
- Des itinéraires techniques bio pour les cultures concernées sont disponibles, des informations sur la chaîne d'approvisionnement en produits de lutte biologique synthétisés à vocation commerciale et disponibles sur le marché sont fournies.
- Le recensement des opérateurs d'appui (ONG, OP, projets, techniciens d'agro-entreprises, etc.) œuvrant sur ces problématiques à l'échelle de la région Boeny sont recensés et permettent d'établir les bases d'un réseau d'échanges local, de capitalisation et de renforcement des capacités sur les moyens de lutte biologique.
- Un plan d'action pour des tests en milieu paysan et avec les partenaires de la recherche est établi pour 2 années dans la Région Boeny.

3 Méthodologie

L'approche proposée pour l'exécution de la mission repose essentiellement sur la mise en œuvre des cinq phases mentionnées dans les TdR, décomposées en étapes successives et complémentaires, permettant d'atteindre progressivement les six résultats attendus de la prestation. Ces cinq phases ne seront pas reprises ici car elles ont été suffisamment développées dans la proposition méthodologique de l'offre technique du consultant international. Lors du briefing avec l'équipe du ProSol et l'experte nationale, il a été précisé les principales spéculations touchées par le projet. Il s'agit en priorité du riz, maïs, niébé et manioc pour les cultures vivrières ; ainsi que le maraîchage et l'arboriculture pour les cultures horticoles. Il a été par ailleurs indiqué aux experts, qu'en raison de la durée du projet, il n'était pas envisagé dans les méthodes de lutte biologique de proposer des introductions/acclimations d'ennemis naturels exotiques (prédateurs et/ou parasitoïdes) de pays tiers (Maurice, Réunion, ...).

Un travail de revue documentaire sur les problématiques phytosanitaires a été entrepris afin d'avoir des données fiables sur les différents organismes nuisibles potentiellement présents sur le territoire national. Une liste des ravageurs (insectes et nématodes) et des maladies (fongiques, bactériennes et virales) a été établie à partir des bases de données du CABI [58, 224, 236], EPPO [96, 97, 98, 99, 100], INRAE [127, 130, 147, 148, 149, 222], IRAT/CIRAD [13, 36, 40, 163, 165, 185, 189, 226], IRD/ORSTOM [48, 59, 64, 77, 88, 123, 173] et FAO [103, 104, 105, 106, 153]. Elle va être croisée et affinée avec celles détenues par les services techniques (DPV,

DGA, ...) et la Recherche agronomique (Institut de recherches agronomiques de Madagascar [15, 17, 50, 54], FOFIFA et Université d'Antananarivo [193, 194, 196, 197, 199, 200]).

Grace à la liste établie et une banque d'image qui servira de guide d'identification des principaux bioagresseurs réellement présents sur les cultures vivrières/horticoles de la région Boeny, les diagnostics de terrain pourront être réalisés par l'experte nationale. Ce travail d'inventaire des organismes nuisibles sur le terrain sera complété par une collecte de données au niveau de la DRAE de Boeny. Une synthèse documentaire sera élaborée à l'issue de ce travail.

De manière concomitante à ce travail d'inventaire des bioagresseurs des cultures, un travail de collecte de données sur les expériences de lutte alternative réalisées à Madagascar [8, 9, 10, 18, 37, 39, 51, 52, 55, 63, 195] et au niveau international (principalement Afrique de l'Ouest et central) sera entrepris par les deux experts.

Pour la collecte des informations sur les expérimentations/tests réalisés sur le territoire malgache, l'experte nationale devra rencontrer les différentes institutions (FOFIFA, universités, bailleurs,...) et ONG afin de capitaliser les expériences réussies au niveau national. Un travail similaire sera entrepris par le chef d'équipe sur les expériences réalisées sur le continent africain et asiatique. Les données récoltées seront organisées par les deux consultants en priorisant les méthodes qui se seront avérées efficaces, et qui seront potentiellement applicables au niveau du paysannat de la Région Boeny. Un document de synthèse sur les différentes méthodes de lutte biologique sera élaboré.

A partir des données capitalisées dans les deux précédentes phases, les experts proposeront des itinéraires techniques basés sur l'emploi de méthodes alternatives potentiellement intéressantes pour les producteurs de la Boeny. Un travail de concertation sera mené par l'experte nationale avec les opérateurs de mise en œuvre du projet (DRAE, GSDM,...) concernant leur faisabilité et applicabilité dans la région du Boeny. Une liste de techniques à tester dans le contexte agronomique de la Boeny sera ensuite proposée à la direction du projet par les experts.

Dans cette dernière phase de la mission, l'experte nationale mènera une large concertation avec les différents acteurs du secteur agricole (DRAE, DIREDD, Région, ONG,...) sur la mise en place de ces nouveaux itinéraires techniques à travers un plan d'action de deux ans pour une mise à l'échelle des solutions techniques proposées, répondant aux préoccupations des paysans de la Région Boeny. Elle identifiera par ailleurs les opérateurs d'appui technique en capacité de jouer un rôle dans la promotion au niveau régional de ces innovations techniques. L'expert international préparera une présentation sous format *Powerpoint* du plan d'action que l'expert national aura formalisé. L'experte nationale aura par la suite la tâche de présenter à la Région et aux STD le plan d'action pour une durée de deux ans pour validation finale.

Tableau 1 : Plan de travail et calendrier de la mission

J	date	activités	EI	EN
1	lundi 16/08/21	EI : Élaboration BBD/Banque de photo des bioagresseurs à Madagascar	0,25	
2	mardi 17/08/21	EI : Élaboration BBD/Banque de photo des bioagresseurs à Madagascar	0,25	
3	mercredi 18/08/21	EI : Élaboration BBD/Banque de photo des bioagresseurs à Madagascar	0,25	
4	jeudi 19/08/21	EI : Élaboration BBD/Banque de photo des bioagresseurs à Madagascar	0,25	
5	vendredi 20/08/21			
6	samedi 21/08/21	EN : Arrivée Mahajanga/installation hôtel		
7	dimanche 22/08/21	EN : Rencontre avec la DRAE (M. Gédéon) Rencontre avec opérateur/légumineuses (M. Élysée)		1
8	lundi 23/08/21	EI + EN : Briefing de démarrage/visioconférence EN : Rencontre avec la DRAE et Université de Mahajanga		1
9	mardi 24/08/21	EI : Rédaction note de démarrage		1

J	date	activités	EI	EN
		EN : Rencontre avec 1 OP et 1 technicien ONG AMADESE (Androhibe et Belemoka)	1	
10	mercredi 25/08/21	EI : Rédaction note de démarrage EN : Rencontre avec 8 producteurs et 2 techniciens ONG AMADESE (Betakilotra) Rencontre avec la Plateforme black eyes (M. Marius), le CR de Boeny et la direction de la DRAE	1	1
11	jeudi 26/08/21	EN : Rencontre avec 13 producteurs et techniciens ONG AIM (Ambovondramanesy) et MAZAVA (Tsaramandroso)		1
12	vendredi 27/08/21	EN : Rencontre avec 12 producteurs et 7 techniciens ONG SDMA (Manerinerina et Ambondromamy) Rencontre avec technicien DRAE/Ambondromamy		1
13	samedi 28/08/21	EN : Rencontre avec producteurs et 2 techniciens ONG MAZAVA (Ankijabe et Belalitra) et AMADESE (Betsako)		1
14	dimanche 29/08/21	EN : Rencontre avec 9 producteurs et 2 techniciens ONG AMADESE (Belobaka)		1
15	lundi 30/08/21	EN : Rencontre avec 19 producteurs et 1 technicien ONG MAZAVA (Marovoay) Rencontre avec technicien DRAE/Marovoay		1
16	mardi 31/08/21	EN : Retour à Antananarivo EN + EI : Point sur la capitalisation des données collectées et organisation de la liste des bioagresseurs		1
17	mercredi 01/09/21	EI : Appui à la rédaction du document de synthèse	1	
18	jeudi 02/09/21	EI : Appui à la rédaction du document de synthèse	1	
19	vendredi 03/09/21	EI + EN : Point sur la liste des personnes ressources à rencontrer/expériences en lutte bio à Madagascar	1	1
20	lundi 06/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec la DGA et DRAE d'Analamanga	1	1
21	mardi 07/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec la DPV/SPSLR et FOFIFA	1	1
22	mercredi 08/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec FERT/FIFATA/CEFFEL (par Skype, sauf s'il existe un responsable à Tana)	1	1
23	jeudi 09/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec IRAM/SYMABIO	1	1
24	vendredi 10/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec FAO	1	1

J	date	activités	EI	EN
25	lundi 13/09/21	EI : Collecte de données sur les expériences en lutte biologique en Afrique et Asie EN : Rencontre avec le GSDM et AGRISUD	1	1
26	mardi 14/09/21	EN : Rencontre avec Responsable programme AFAFI-Centre (ex-Prog. ASA)		1
27	mercredi 15/09/21	EN : Rencontre avec le FIDA et l'AFD		1
28	jeudi 16/09/21	EN : Organisation des données sur les expériences nationales		1
29	vendredi 17/09/21	EN : Organisation des données sur les expériences nationales		1
30	lundi 20/09/21	EN : Organisation des données sur les expériences nationales		1
31	mardi 21/09/21	EN : Organisation des données sur les expériences nationales		1
32	mercredi 22/09/21	EI + EN : Point sur la liste des techniques de lutte biologique potentiellement efficace EI : Rédaction du document de synthèse sur les méthodes de lutte biologique EN : Capitalisation des données collectées sur la lutte biologique	1	1
33	jeudi 23/09/21	EI : Rédaction du document de synthèse sur les méthodes de lutte biologique	1	
34	vendredi 24/09/21	EI : Rédaction du document de synthèse sur les méthodes de lutte biologique EN : Concertation avec les parties prenantes sur la faisabilité et/ou possibilité d'application des techniques de lutte biologique dans la Boeny (<u>prévoir un retour de l'EN à Mahajanga pour la phase finale de la mission</u>)	1	1
35	lundi 27/09/21	EI : Préparation de la liste des techniques de lutte biologique à tester dans le contexte de la Boeny	1	
36	mardi 28/09/21	EI : Préparation de la liste des techniques de lutte biologique à tester dans le contexte de la Boeny	1	
37	mercredi 29/09/21	EI : Préparation de la liste des techniques de lutte biologique à tester dans le contexte de la Boeny	1	
38	jeudi 30/09/21	EN : Concertation avec les acteurs du secteur agricole sur la mise en place des nouveaux itinéraires techniques à travers un plan d'action de deux ans		1
39	vendredi 01/10/21	EN : Concertation avec les acteurs du secteur agricole sur la mise en place des nouveaux itinéraires techniques à travers un plan d'action de deux ans		1
40	lundi 04/10/21	EN : Identification des opérateurs d'appui technique en capacité de jouer un rôle dans la promotion des innovations techniques.		1
41	mardi 05/10/21	EN : Préparation et mise en forme du plan d'action		1
42	mercredi 06/10/21	EN : Présentation du plan d'action pour validation		1
		Total jours prestés	18	30

4 Inventaire phytosanitaire

4.1 Maïs

4.1.1 Ravageurs

Le diagnostic des ravageurs sur maïs a été réalisé sur quelques pieds non encore récoltés. Les inventaires ne sont donc pas représentatifs de la réalité de l'entomofaune que l'on pourrait habituellement observer. Seuls quelques ravageurs (suivi d'un astérisque*) ont été observés et/ou identifiés in situ. Les autres ravageurs ont été tirés de la bibliographie (car ayant une incidence sur les rendements) et des entretiens avec les paysans et les services techniques, mais néanmoins présents dans la région nord-ouest de Madagascar.

Tableau 2 : Ravageurs du maïs

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Légionnaire d'automne* <i>Spodoptera frugiperda</i> (sababaka, mavokely)	+++		
Vers blanc* <i>Heteronychus arator</i> , <i>H. plebeius</i> et <i>Hoplochelus marginalis</i> (sarika an-tany, tsikovivy)	+++		
Borer africain de la canne à sucre <i>Eldana saccharina</i> (sababaka)	+++		
Pyrâle tachée de la tige du sorgho* <i>Chilo partellus</i>	+++		
Borer rose de la canne à sucre* <i>Sesamia calamistis</i> (sababaka)		++	
Borer des tiges du maïs <i>Busseola phaia</i> (sababaka)		++	
Foreur des tiges <i>Chilo orichalcociliellus</i>			+
Noctuelle méditerranéenne <i>Spodoptera littoralis</i> (sababaka)			+
Cicadelle du maïs <i>Cicadulina mbila</i>			+
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i> (sababaka)			+
Puceron vert du pêcher <i>Myzus persicae</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)			+
Acarien jaune tisserand <i>Tetranychus urticae</i>			+

4.1.2 Maladies

La liste des maladies sur maïs est présentée ici à titre informatif. En effet, il a été impossible pour l'experte nationale d'observer des champs de maïs sur les sites sélectionnés à part quelques pieds non encore récoltés chez deux ou trois paysans. A dire d'acteurs, les maladies n'auraient pas trop d'incidence sur les récoltes.

Nous ne formulerons donc pas d'avis sur leur importance en termes de dégâts causés sur les cultures de maïs. Toutefois, des pertes de rendement non négligeables ont été documentées en Afrique occidentale et centrale [77, 220] sur maïs et sorgho non résistants à certaines maladies virales (Sugarcane Mosaic Virus, Maize Dwarf Mosaic Virus et Maize Streak Virus).

Tableau 3 : Maladies du maïs

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Pourriture bactérienne de la tige du maïs <i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i>			
Anthraxose du maïs <i>Colletotrichum graminicola</i>			
Virus de la mosaïque nanisante du maïs Maize Dwarf Mosaic Virus			
Virus de la mosaïque de la canne à sucre Sugarcane Mosaic Virus			
Virus de la striure du maïs Maize Streak Virus			

4.2 Riz

4.2.1 Ravageurs

Maliarpha separata serait le foreur inféodé au système de riz irrigué [53, 185, 193, 229] tant que l'espèce *Sesamia calamistis* le serait sur le riz pluvial. Seuls quelques ravageurs (suivi d'un astérisque*) ont été observés et/ou identifiés in situ. Le vers blanc, *Hoplochelus marginalis* n'a été observé que dans les systèmes rizicoles de type pluvial. Les attaques sur riz par *H. marginalis* sont généralement beaucoup moins importantes que celles provoquées par *Heteronychus spp.* [194, 196, 198]. Les dégâts sont occasionnés au stade montaison.

Si les dégâts du pou épineux, *Diadipsa gestroi* peuvent être importants [19, 40, 52, 183], les attaques sont bien maîtrisées par les producteurs. Il reste toutefois le principal vecteur de RYMV dans les zones de basse à moyenne altitude (régions du Nord et du Nord-ouest) tandis que le pou inerte *Trichipsa sericea* se trouve confiné dans les hauts plateaux [52].

Les autres ravageurs de la présente liste ont été tirés de la bibliographie car ayant une incidence sur les rendements [129, 190], des entretiens avec les paysans et/ou avec les services techniques.

Tableau 4 : Ravageurs du riz

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Vers blanc* <i>Heteronychus plebeius</i> , <i>H. arator</i> et <i>H. bituberculatus</i> (sarika an-tany, tsikovivv)	+++		
Pou du riz* <i>Diadipsa gestroi</i> (haom-bary)	+++		
Foreur du riz* <i>Maliarpha separata</i>		++	
Pyrâle des feuilles du riz*		++	

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
<i>Paraponyx stagnalis</i> (syn. : <i>nymphula depunctalis</i>)			
Vers blanc* <i>Hoplochelus marginalis</i> (sarika an-tany, tsikovivy)			+
Borer rose de la canne à sucre* <i>Sesamia calamistis</i> (sababaka)			+
Punaises vertes <i>Acrosternum acutum</i> , <i>Nezara viridula</i>			+
Cécidomyie du riz <i>Orseolia oryzivora</i>			+
Pyrâle des herbes <i>Cnaphalocrocis medinalis</i>			+

4.2.2 Maladies

La pyriculariose s'observe autant dans les systèmes de riz pluvial qu'irrigué. Dans la Région de Boeny, c'est la maladie virale provoqué par l'agent RYMV qui prédomine et fait le plus de dégâts sur riz selon les observations faites sur le terrain et aux dires des interviewés.

Tableau 5 : maladies du riz

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Pyriculariose du riz* <i>Magnaporthe oryzae</i> syn.: <i>Pyricularia oryzae</i>	+++		
Virus de la panachure jaune du riz* Rice Yellow Mottle Virus (mavobe)	+++		
Flétrissement bactérien du riz <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	+++		
Helminthosporiose du riz <i>Cochliobolus miyabeanus</i>		++	

4.3 Niébé, pois d'Angole et haricot

Le diagnostic phytosanitaire a été effectué sur une parcelle de niébé semée tardivement. Au moins deux espèces de punaises non identifiées ont été observées sur pied. L'une d'elle semblerait être *Clavigralla tomentosicollis* (à confirmer toutefois par des prélèvements d'échantillons lors des prochaines campagnes agricoles). En effet, sur les 63 espèces du genre *Clavigralla* décrites en Afrique et dans l'Océan Indien, 7 sont rencontrées à Madagascar, dont certaines sont endémiques [13, 17, 19, 48, 210]. Sur pois d'Angole, on retrouve fréquemment *Clavigralla elongata*, une autre espèce présente à Madagascar et sur le continent africain [40, 54, 59].

Sur pois d'Angole et haricot, les observations n'ont pas pu être réalisées car toutes les parcelles visitées ont été récoltées lors du passage de la mission. Des photos de ravageurs ont été présentés aux paysans pour la reconnaissance des insectes présentant une incidence sur les cultures. Les paysans ont reconnu unanimement, les pucerons comme ravageurs principaux. Il s'agirait sans doute de *Aphis craccivora* et de *A. fabae* [13, 17, 19, 43, 51, 54, 58, 99, 100, 148, 178]. Toutefois, ils mettent en première position en termes de dégâts sur niébé, les punaises. En effet, leurs piqûres ont tendance à provoquer la chute des fleurs.

Les producteurs de niébé ne citent pas les acariens (*Tetranychus neocaledonicus*) dans leurs préoccupations phytosanitaires. Or en cas de fortes attaques de ce ravageur, le feuillage des plantes se dessèchent et les rendements sont fortement affectés par la réduction des gousses par pieds [122, 123]. Sur haricot black eyes, les techniciens

et formateurs du projet PROSPERER (2012) préconisaient en une fréquence d'un traitement insecticide par semaine sur l'ensemble du cycle cultural (ce qui ramène le nombre de traitement entre 7 et 8 applications). A cette époque déjà, les chenilles de *Spodoptera spp.* et d'*Helicoverpa armigera* nécessitaient le gros des traitements (6 traitements) [119].

Selon la littérature consultée [13, 14, 17, 19, 20, 21, 30, 32, 46, 89, 126, 133, 135, 140, 162, 166, 180, 212, 215, 221, 237], les deux foreurs des gousses, *Maruca vitrata* et *Lampides boeticus* attaquent le pois d'Angole dès l'émergence des premières fleurs et provoquent leur avortement (les larves selon leur stade de développement se nourrissent tantôt de l'intérieur des fleurs, des boutons floraux et tantôt des gousses).

La liste des bioagresseurs a été dressée à partir de la littérature grise, les dires d'acteurs (chercheurs, techniciens et paysans) et les observations au champ.

4.3.1 Ravageurs

Tableau 6 : Ravageurs du niébé, pois d'Angole et haricot

Bioagresseurs	Importance des dégâts (perçu par les agriculteurs)		
Punaises du pois* <i>Clavigralla tomentosicollis</i> <i>Clavigralla elongata</i> (anano, hanohano, tsinaonaona, besoroka)	+++		
Punaise noire* <i>Anoplocnemis madagascariensis</i> (anano, hanohano, tsinaonaona, besoroka)	+++		
Puceron de l'arachide <i>Aphis craccivora</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)	+++		
Puceron noir des fèves <i>Aphis fabae</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)	+++		
Pyrale du haricot <i>Maruca vitrata</i> (sababaka)	+++		
Azuré porte-queue <i>Lampides boeticus</i>	+++		
Punaise verte* <i>Nezara viridula</i>		++	
Noctuelle méditerranéenne <i>Spodoptera littoralis</i> (sababaka)		++	
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i> (sababaka)		++	
Cochenille rayée <i>Ferrisia virgata</i> (pondy fotsy, kipotsy)			+
Cigarier du haricot <i>Apoderus humeralis</i>			+
Noctuelle <i>Chrysodeixis [Plusia] acuta</i> (sababaka)			+
Vers blanc <i>Heteronychus plebeius</i> , <i>H. arator</i> (sarika an-tany, tsikovivy)			+

4.3.2 Maladies

Les paysans ont signalé aucune maladie sur niébé et pois d'Angole. Toutefois, la bibliographie sur les maladies des plantes cultivées de Madagascar fait état de quelques maladies (virales et fongiques) qui peuvent avoir des conséquences non négligeables sur les rendements du niébé [81, 130, 153]. Il s'agit du rhizoctone brun (*Thanatephorus cucumeris* syn. : *Rhizoctonia solani*), de la rouille brune du haricot (*Uromyces appendiculatus*), de la maladie des taches anguleuses (*Pseudocercospora griseola*) et de l'anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*).

4.4 Manioc et patate douce

La mission a pu se rendre sur des sites où des parcelles de manioc n'avaient pas encore été récoltées. Trois principaux ravageurs ainsi que trois maladies ont pu être observés in situ (suivi d'un astérisque*). Les paysans nous ont fait part d'attaques relativement importantes d'escargots sur les cultures de manioc. Les autres ravageurs ont été tirés de la bibliographie en raison de leur incidence sur les rendements [13, 14, 17, 19, 54, 68, 96, 100, 111, 150, 192], ou à dire d'acteurs.

La mission n'a pas effectué de diagnostic sur les cultures de patate douce. On lui a toutefois signalé lors de la réunion de restitution de ladite mission, la présence de populations de charançons sur patate douce. Trois charançons parasitent la patate douce à Madagascar [13, 14, 17, 19, 54, 69]. Il s'agit de *Cylas formicarius*, *C. puncticollis* (Coleoptera : Apionidae) et *Sternuchopsis convexus* (Coleoptera : Curculionidae). Les deux premiers, cosmopolites, sont bien connus dans la plupart des régions où ce tubercule est cultivé, car ils en sont normalement les ennemis les plus nuisibles. A Madagascar, il semble bien que *S. convexus* ait une importance économique plus grande selon les anciennes études de l'IRAM [17]. Tandis que l'adulte ronge le parenchyme des feuilles et le crible de perforations, la larve se nourrit aux dépens des tubercules qu'elle sillonne de galeries provoquant rapidement leur pourriture.

4.4.1 Ravageurs

Tableau 7 : Ravageurs du manioc et patate douce

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Cochenille du manioc* <i>Aonidomytilus albus</i> (pondy fotsy, kipotsy)	+++		
Aleurode du cotonnier* <i>Bemisia tabaci</i> (lolokely)	+++		
Cochenille brune du caféier* <i>Saissetia coffeae</i> (pondy fotsy, kipotsy)	+++		
Cochenille rose de l'ananas <i>Dysmicoccus brevipes</i> (pondy fotsy, kipotsy)		++	
Cochenille du mûrier <i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (pondy fotsy, kipotsy)		++	
Escargot* <i>Achatina</i> sp. (ankora)		++	
Rat noir <i>Rattus rattus</i>		++	
Acariens <i>Tetranychus neocaledonicus</i> , <i>Tetranychus urticae</i>		++	
Cochenille rayée			+

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
<i>Ferrisia virgata</i> (pondy fotsy, kipotsy)			
Cochenille de l'hibiscus <i>Pinnaspis strachani</i> (pondy fotsy, kipotsy)			+

4.4.2 Maladies

Trois principales maladies sévissent sur manioc à Madagascar [58, 100]. Il s'agit de la mosaïque africaine du manioc (ACMV) transmis par l'aleurode *Bemisia tabaci*, l'anthracnose et la cercosporiose tous deux des maladies fongiques. Les trois maladies ont été retrouvées dans toutes les parcelles visitées par la mission.

La littérature indique d'autres maladies sur manioc à Madagascar. Nous ne les citerons pas ici car elles n'ont pas été retrouvées lors des visites de parcelles.

Toutefois, nous attirons l'attention sur le fait que des articles déjà anciens (2015) citent la présence de Cassava Brown Streak Virus dans plusieurs pays de la zone Océan Indien (Kenya, Mozambique, Comores, Mayotte), dont Madagascar [58]. La présence de cette maladie devra faire l'objet de vérification sur le terrain par les agents du FOFIFA et de la DPV.

Tableau 8 : Maladies du manioc

Bioagresseurs	Importance des dégâts		
Mosaïque africaine du manioc* African Cassava Mosaic Virus	+++		
Mosaïque malgache du manioc Cassava Mosaic Madagascar Virus	+++		
Cercosporiose du manioc* <i>Passalora manihotis</i>		++	
Anthracnose du manioc* <i>Glomerella cingulata</i>			+

4.5 Cultures Maraîchères

La mission a pu effectuer au cours de ses visites de terrain, des observations sur quelques parcelles de culture maraîchère. Les spéculations concernées par ses visites ont été le chou pommé, les brèdes, la carotte, la laitue, la tomate, la courgette/concombre, le haricot vert et l'oignon.

Cet inventaire sanitaire n'est en aucun cas exhaustif et n'a pas donné lieu à des prélèvements d'échantillons pour des travaux d'identification sophistiqués en laboratoire de diagnostic. Des discussions avec les paysans des problèmes phytosanitaires redondants ou non ont été plutôt privilégiées.

4.5.1 Ravageurs

Tableau 9 : Ravageurs des cultures maraîchères

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
Teigne des crucifères <i>Plutella xylostella</i>	choux	+++		
Mouche mineuse américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (sababka kely, olitra kely)		+++		
Acarien vert tisserand <i>Tetranychus neocaledonicus</i>		+++		

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
Pucerons <i>Lipaphis erysimi</i> et <i>Brevicoryne brassicae</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)			++	
Pyrâle du chou <i>Crocidolomia pavonana</i>			++	
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i> (sababaka)	brèdes	+++		
Mouche mineuse américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (sababka kely, olitra kely)		+++		
Vers blanc <i>Heteronychus arator</i> (sarika an-tany, tsikovivy)				+
Limace <i>Dorocera</i> sp.	laitue		++	
Mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (fandrama)	tomate	+++		
Mouche des fruits de la tomate <i>Neoceratitis cyanescens</i> (lali-boankazo)		+++		
Aleurode du cotonnier <i>Bemisia tabaci</i>		+++		
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i> (sababaka)			++	
Noctuelle méditerranéenne <i>Spodoptera littoralis</i> (sababaka)			++	
Acariose bronzée de la tomate <i>Aculops lycopersici</i>			++	
Mouche mineuse américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (sababka kely, olitra kely)				+
Acarien vert tisserand <i>Tetranychus neocaledonicus</i>				+
Mouche mineuse américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (sababka kely, olitra kely)	courgette/ concombre	+++		
Mouche des cucurbitacées de l’Océan Indien <i>Dacus demmerezi</i> (lali-boankazo)		+++		
Mouche éthiopienne des cucurbitacées <i>Dacus ciliatus</i> (lali-boankazo)			++	
Pucerons			++	

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
<i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)				
Acarien vert tisserand <i>Tetranychus neocaledonicus</i>			++	
Punaise australienne <i>Leptoglossus gonagra</i>				+
Punaise verte <i>Nezara viridula</i>				+
Thrips du coton <i>Frankliniella schultzei</i>				+
Noctuelle méditerranéenne <i>Spodoptera littoralis</i> (sababaka)				+
Pyrâle du haricot <i>Maruca vitrata</i> (sababaka)	haricot vert	+++		
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i> (sababaka)		+++		
Punaise verte <i>Acrosternum acutum</i>			++	
Acariens <i>Tetranychus neocaledonicus</i> et <i>Tetranychus urticae</i>			++	
Vers blanc <i>Heteronychus arator</i> (sarika an-tany, tsikovivy)			++	
Pucerons <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>A. craccivora</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)			++	
Punaise verte <i>Nezara viridula</i>				+
Mouches mineuses <i>Liriomyza trifolii</i> , <i>Ophiomyia phaseoli</i> , <i>Tropico-myia vigneae</i> (sababka kely, olitra kely)				+
Thrips du tabac <i>Thrips tabaci</i>	oignon	+++		
Mouche mineuse américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (sababka kely, olitra kely)				+

4.5.2 Maladies

En maraîchage, les maladies virales et bactériennes sont les plus redoutées. En effet, la détermination exacte des viroses à partir des symptômes est difficile, voire impossible étant donné que certains symptômes se ressemblent ou que plusieurs virus s'attaquent à la plante en même temps. L'expression des symptômes est en outre influencée par les conditions climatiques et par les plantes-hôtes. Un diagnostic précis n'est possible qu'en

laboratoire (test ELISA, RT-PCR, ...) après prélèvement des organes attaqués suivant la méthode BOS⁵ permettant la conservation des échantillons.

Une revue bibliographique sur les maladies des cultures maraîchères a été entreprise en se basant principalement sur les BDD du CIRAD [54, 77, 141, 204], de l'INRAE [130] et de l'IRD [66, 67, 70] qui ont produit de nombreuses publications sur ces cultures. Elle a été par la suite enrichie par les DATA BASE du CABI [58] et de l'EPPO [99, 100].

Tableau 10 : Maladies des cultures maraîchères

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
Pourriture molle <i>Pseudomonas marginalis</i> , <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	choux	+++		
Pourriture grise <i>Botrytis cinerea</i>			++	
Cercosporiose du chou <i>Cercospora brassicicola</i>			++	
Alternariose des crucifères <i>Alternaria brassicae</i> , <i>A. brassicicola</i>				+
Cercosporiose de la laitue <i>Cercospora</i> sp.	laitue		++	
Virus de la maladie bronzée de la tomate Tomato Spotted Wilt Virus	tomate	+++		
Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate Tomato Yellow Leaf Curl Virus		+++		
Virus de la mosaïque du concombre Cucumber Mosaic Virus			++	
Alternariose de la tomate <i>Alternaria tomatophila</i>				+
Flétrissement bactérien de la tomate <i>Ralstonia solanacearum</i>				+
Mosaïque du concombre Cucumber Mosaic Virus	courgette/ concombre	+++		
Virus de la mosaïque jaune de la courgette Zucchini Yellow Mosaic Virus			++	
Oïdium des Cucurbitacées <i>Golovinomyces cichoracearum</i>				+
Mildiou des cucurbitacées <i>Pseudoperonospora cubensis</i>				+
Mosaïque dorée du haricot Bean Golden Mosaic Virus	haricot vert	+++		
Mosaïque commune du haricot Bean Common Mosaic Virus			++	
maladie des taches anguleuses			++	

⁵ Cette méthode a été mise au point par le virologue hollandais BOS en 1979. C'est une technique très simple de déshydratation et de conservation des organes végétaux en vue de réaliser des analyses virologiques ultérieurement. Principalement utilisée pour les feuilles, la technique peut aussi s'appliquer à des organes non lignifiés : épiderme de fruit, écorce de jeunes pousses d'arbres fruitiers.

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
<i>Pseudocercospora griseola</i>				
Cercosporiose du haricot <i>Cercospora canescens</i>				+
Anthraxose du haricot <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>				+
Maladie des racines roses <i>Setophoma terrestris</i>	oignon	+++		
Maladie des taches pourpres <i>Alternaria porri</i>				+

4.6 Arboriculture (Papayers, Agrumes et Manguiers)

Les observations ne se sont pas faites en verger stricto sensu, mais sur les quelques pieds bordant les champs des paysans. Le fait de ne pas concentrer d'arbres dans un même endroit, ce système de production à l'avantage de ne pas favoriser la recrudescence de bioagresseurs. Par ailleurs, les producteurs ne traitent généralement pas leurs arbres, ceci à l'avantage de laisser les auxiliaires réguler naturellement les ravageurs [25, 26, 36, 73, 82, 83, 84, 165, 189, 197, 203, 211].

4.6.1 Ravageurs

Tableau 11 : Ravageurs en arboriculture fuitière

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
Cochenille du papayer <i>Paracoccus marginatus</i> (pondy fotsy, kipotsy)	papaye	+++		
Tarsonème du cotonnier <i>Polyphagotarsonemus latus</i>			++	
Cochenille du mûrier <i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (pondy fotsy, kipotsy)			++	
Puceron du coton <i>Aphis gossypii</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)				+
Cochenilles des Seychelles <i>Icerya seychellarum</i> (pondy fotsy, kipotsy)	mangue	+++		
Mouches des fruits <i>Bactrocera dorsalis</i> , <i>Ceratitis cosyra</i> , <i>Ceratitis capitata</i> (lali-boankazo)		+++		
Cochenilles <i>Icerya purchasi</i> , <i>Pseudaulacaspis cockerelli</i> , <i>Aspidiotus destructor</i> <i>Aulacaspis tubercularis</i> (pondy fotsy, kipotsy)			++	
Mouche méditerranéenne des fruits <i>Ceratitis capitata</i> , <i>C. malagassa</i> (lali-boankazo)	Citrus	+++		
Psylle des agrumes		+++		

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
<i>Trioza erytreae</i>				
Pucerons <i>Myzus persicae</i> , <i>Toxoptera aurantii</i> (kimavo, tsonika, ramerina, tangongo)		+++		
Cochenilles <i>Aonidiella aurantii</i> , <i>A. citrina</i> , <i>Aspidiotus nerii</i> , <i>Ceroplastes destructor</i> , <i>C. floridensis</i> , <i>Chrysomphalus aonidum</i> , <i>C. dictyospermi</i> , <i>Ferrisia virgata</i> (pondy fotsy, kipotsy)			++	
Aleurode épineux du citronnier <i>Aleurocanthus spiniferus</i>				+

4.6.2 Maladies

En ce qui concerne les champignons aériens, notons la forte incidence des agents de cercosporiose, en particulier *Cercospora papayae* et d'alternariose, *Alternaria alternata* sur papayer. Parmi les autres champignons signalons la présence de *Colletotrichum gloeosporioides* sur manguiers dont les symptômes peuvent être aisément confondus avec ceux de la bactériose, *Xanthomonas citri* pv. *Mangiferae indicae*.

Parmi les virus sur arboriculture, seuls le *Greening* et la *Tristeza* semblent vraiment dommageables sur les agrumes [25, 26, 36, 220].

Tableau 12 : Maladies en arboriculture fruitière

Bioagresseurs	Culture	Importance des dégâts		
Cercosporiose du papayer <i>Cercospora papayae</i>	papaye	+++		
Alternariose du papayer <i>Alternaria alternata</i>		+++		
Oïdium du papaye <i>Oidium caricae-papayae</i>			++	
Pourriture molle du collet <i>Phytophthora palmivora</i>				+
Anthracnose du manguier <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	mangue	+++		
Chancre bactérien du manguier <i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>mangiferaeindicae</i>		+++		
Tristeza des agrumes Citrus Tristeza Virus	Citrus	+++		
Greening des agrumes <i>Candidatus Liberibacter africanus</i>		+++		
Alternariose des agrumes <i>Alternaria alternata</i> f.sp <i>citri</i>			++	

5 Mesures de contrôle des bioagresseurs

La protection des cultures est un des éléments fondamentaux de l'agriculture. En effet, elle permet de prévenir et de gérer l'infestation des cultures par les adventices, les ravageurs et les maladies, de manière à améliorer la

rentabilité et la qualité des productions. Elle est d'autant plus importante aujourd'hui que les plantes cultivées sont pour la plupart des variétés sélectionnées pour un meilleur rendement et une plus grande qualité de produits ; ceci les rend plus sensibles aux agressions, qu'il s'agisse d'organismes parasites ou phytophages, de maladies, de la concurrence des mauvaises herbes ou d'accidents climatiques.

Il est important de noter que la protection des cultures contre les ravageurs, les maladies et les adventices ne se limite pas à l'emploi de biopesticides (en substitution aux pesticides chimiques), mais résulte de la mise en œuvre raisonnée de différentes pratiques et techniques agricoles complémentaires (voir annexe I qui retrace par type de ravageur/maladie, un panel de mesures efficaces plus ou moins faciles à mettre en œuvre par les producteurs), qui incluent certes l'emploi de produits phytopharmaceutiques de biocontrôle (appelé encore biopesticides ou pesticides biologiques, par opposition aux pesticides chimiques de synthèse), mais vont également du respect des rotations culturales à la gestion de la fertilité organique, en passant par la gestion raisonnée de l'eau, l'utilisation des associations culturales et/ou des plantes de services [159, 166, 175], le travail superficiel du sol, le choix des variétés résistantes/tolérantes adaptées (toutes ces techniques sont appelées couramment : mesures préventives de prophylaxie), l'emploi d'antagonistes microbiologiques ou encore l'introduction ou lâchers d'auxiliaires des cultures (prédateurs et parasitoïdes) dans les cultures visées, appelé sensu stricto lutte biologique⁶ à ne pas confondre avec les techniques de lutte biotechnique s'appuie sur les interactions chimiques qui peuvent exister entre individus ou espèces [130].

Nous développerons toutes ces notions dans les paragraphes suivants. Des exemples pratiques de ces différents types de lutte sont données dans l'annexe 6.1 relative à la description des principaux ravageurs des cultures de la Boeny.

5.1 Méthodes de protection des plantes

5.1.1 Mesures préventives de prophylaxie

La prophylaxie correspond à un ensemble de mesures pouvant être conseillées afin de prévenir et défavoriser l'installation d'un organisme nuisible et son développement dommageable sur une parcelle, voire un territoire donné. Ces mesures concernent notamment :

- l'amélioration du sol (amendements, drainage, fumure, travail du sol, ...) ;
- l'alternance des cultures (assolements ou rotation des cultures) ;
- la sélection des variétés/cultivars résistants et hybridation (choix de semences ou plants sélectionnés pour leur résistance à un bioagresseur). Cette résistance peut être partielle ou totale ;
- la propreté du sol⁷ ;
- l'entretien des abords de la parcelle (élimination des plantes réservoirs à virus/bactérie, adventices, etc.) ;
- l'utilisation de techniques culturales appropriées (taille des arbres, type d'irrigation, date et densité de semis, etc.) ;
- l'hygiène des outils et des matériels (transmission de maladies) ;
- l'aménagement du paysage favorisant les organismes utiles (pollinisateurs, prédateurs, parasitoïdes).

5.1.2 Lutte physique

La lutte physique repose sur l'utilisation d'outils ou de matériaux pour lutter directement contre le développement des bioagresseurs. La mise en œuvre de la lutte physique fait appel à des moyens :

⁶ On distinguera deux types de lutte biologique : i) la lutte biologique par acclimatation (ou lutte biologique classique) où l'organisme antagoniste peut, à la suite de son apport, se développer et se maintenir aux dépens du ravageur sans nécessiter une nouvelle intervention de l'homme ; ii) la lutte biologique inondative où l'organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé (en grand nombre) à chaque fois que l'effectif du ravageur croît dangereusement.

⁷ Cette notion ne sous entend aucunement l'idée de sol nu.

- mécaniques (ex. désherbage manuel ou mécanique, ramassage et destruction des ravageurs/parasites, échenillage, piégeage par la glu, etc.) ;
- thermique (ex. désherbage thermique, désinfection des sols par solarisation, gestion de la température dans les silos à grains, etc.) ;
- physique (ex. filets insect-proof, ensachage des fruits, filets contre les oiseaux granivores, l'enherbement⁸, infra-son et UV contre les insectes).

5.1.3 Lutte chimique

La lutte chimique consiste à traiter à l'aide de produits phytopharmaceutiques en vue de détruire une population de nuisibles ou de lutter contre une maladie.

Elle peut être :

- systématique quand elle se définit sans raisonnement, selon un calendrier fixe de traitement préétabli. Cette utilisation sans discrimination des pesticides qui a prévalu pendant 3 décennies en Europe et aux USA, a été appelée « lutte chimique aveugle » ;
- raisonnée quand elle fait appel aux outils de surveillance et d'aide à la décision afin d'ajuster les interventions. Dans ce cas, le traitement est fonction des seuils de nuisibilité/tolérance, de pesticides à faible répercussion écologique et de conseils adaptés pour la sauvegarde des organismes auxiliaires existants sur les parcelles.

5.1.4 Lutte biologique

Selon la définition de l'OILB/IOBC⁹ de 1971, la lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivant afin de prévenir ou de réduire les dégâts causés par des organismes nuisibles [80].

Elle se base sur la relation naturelle entre la cible (organismes indésirables, ravageurs d'une plante cultivée, adventices, etc.) et un agent de lutte (ou auxiliaire). Ce type de lutte n'a pas pour objectif d'éradiquer complètement un ravageur ou une maladie, mais de permettre leur maintien dans une proportion acceptable [2, 84].

L'utilisation de microorganismes naturels ou de synthèse fait partie également de l'arsenal des moyens de lutte alternative aux pesticides chimiques. Jusqu'à présent les recherches se sont principalement focalisées sur les traitements insecticides à base d'entomopathogènes d'origine fongique, virale et bactérienne. Nombreuses préparations sont actuellement disponibles dans le commerce. Le plus célèbre étant le *Bacillus thuringiensis* mais bien d'autres ont suivi, tels que *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicilium muscarium* et *Isaria fumosorosea*. Les produits de biocontrôle à base de ces microorganismes sont homologués en AB au niveau de l'UE [2].

Les produits de biocontrôle pour combattre les maladies cryptogamiques, virales ou bactériennes sont un peu moins nombreux que les produits insecticides. Il existe néanmoins des biofongicides à base de champignons antagonistes, disponibles dans le commerce qui sont efficaces contre certaines maladies fongiques économiquement préoccupantes sur cultures fruitière et maraîchère. On peut citer pour exemple l'*Ampelomyces quisqualis* souche M-10, champignon de la famille des Deuteromycètes, très efficace contre les oïdium sur Cucurbitacées, aubergine, piment, poivron, fraisier et tomate. Le *Gliocladium catenulatum* (souche J1446) est un champignon naturellement présent dans certains sols. C'est un fongicide de contact à action préventive contre le *Botrytis*, la pourriture grise et les sclérotinioses sur concombre, poivron, tomate et fraisier. Il y a aussi les *Trichoderma spp.* qui sont des champignons antagonistes à de nombreux agents infectieux des cultures (tomate, laitue, vigne, carotte, cucurbitacées). Toujours comme fongicides à base de produits naturels, il existe dans le commerce, deux pro-

⁸ Couche de matériau protecteur posée sur le sol.

⁹ Organisation Internationale de Lutte Biologique/International Organisation for Biological Control. **IOBC** a été créé en 1955 en tant qu'organisation mondiale affiliée au Conseil international des unions scientifiques (CIUS). Cette organisation qui a réuni dans ses débuts des entomologistes, puis au fil du temps des scientifiques de toutes disciplines, promeut des méthodes de lutte contre les ravageurs et les maladies sans danger pour l'environnement. Elle encourage le développement de la lutte biologique et son application dans des programmes de lutte intégrée contre les organismes nuisibles, ainsi qu'une coopération internationale sur les thématiques de la lutte biologique classique.

duits à base de levures, le *Saccharomyces cerevisiae* (souche LAS02), efficace contre les pourritures grises, sclérotioses sur cultures légumières et fruitières, et *Candida oleophila* (souche O) efficace contre les maladies de conservation de type *Penicillium spp.* sur cultures légumières et fruitières [2].

Les produits de biocontrôle à base de ces champignons et ces levures sont homologués en agriculture biologique au niveau de l'UE. Encore peu démocratisés (à peine 2% du marché des produits phytosanitaires), ils restent encore très peu abordables pour le paysannat des pays du Sud [49, 84, 158, 221]. Toutefois, des évaluations in vitro d'efficacité de *Trichoderma harzianum* sur l'agent causal de la pyriculariose du riz a été réalisées au Mali et au Burkina Faso en 2016. Des essais au champ devaient être menés à la suite des résultats en station.

5.1.5 Lutte autocide (encore dénommée lutte par mâles stériles)

Aux frontières de la lutte biologique, on retrouve la lutte autocide, encore dénommée lutte par mâles stériles (SIT¹⁰ en anglais) qui a pour principe l'introduction en grand nombre - dans une population naturelle - d'individus mâles rendus stériles par l'application de rayonnements ionisants mais au comportement sexuel intact. Une fois lâchés dans le milieu naturel, ces mâles stériles seront en compétition pour la reproduction avec les mâles sauvages. S'ils sont (par exemple) 9 fois plus nombreux que leurs congénères « naturels », et si les femelles n'acceptent qu'un accouplement, 9 femelles sur 10 n'auront pas de descendance. Au bout de 2 ou 3 de générations, l'apport de mâles stériles continuant, la population cible est anéantie. Dans les années 90', après le succès du projet Moscamed au Mexique (1981), des tentatives de lutte autocide ont été entrepris en France et en Afrique du Nord contre *Ceratitis capitata*, la mouche des fruits méditerranéenne sans trop de succès et ont été rapidement abandonnées car trop coûteux pour les États [106, 107].

5.1.6 Lutte biotechnique

La lutte biotechnique repose sur l'utilisation de médiateurs chimiques/olfactifs naturels ou de synthèse (phéromones, paraphéromones, allomones, synomones, ...) et de stimuli visuels/chromatiques [26, 33, 65, 80, 150, 187, 188, 213, 224, 226, 227, 235]. Il s'agit de perturber la rencontre des sexes (fonction de reproduction) ou la recherche de plantes-hôtes (fonction d'alimentation).

Ce type de lutte intègre également l'utilisation de perturbateurs de cycle de vie des ravageurs, tels que les inhibiteurs de croissance d'insecte (ICI) et les régulateurs de croissance d'insecte (RCI). Les ICI sont des molécules mimétiques de l'ecdysone qui au moment de la mue, bloquent la formation de la cuticule par l'inhibition du transport des oligomères formant la structure de la chitine. Les RCI sont quant à eux, des molécules mimétiques de l'hormone juvénile qui perturbent le phénomène de mue [2]. Ces deux hormones naturelles sont synthétisées sous forme de produits phytopharmaceutiques afin d'en faciliter l'emploi en protection des cultures.

Dans la lutte contre les *Tephritidae*, la technique de lutte par le lâcher de mâles stériles (SIT), est souvent mis en place à la suite de la technique d'annihilation des mâles (MAT¹¹ en anglais). En effet, la MAT consiste à déployer par des moyens aérien et/ou terrestre dans une zone donnée, une forte densité d'appâts composés d'un attractif (appelés leurre) associé à un insecticide, afin de réduire la population de mâles sexuellement matures à un niveau si faible que la reproduction est quasiment impossible. Dans la lutte contre les mouches des fruits (*Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera cucurbitae*), cette technique permettait d'abaisser les mâles de la population naturelle à niveau tel qu'ils ne pouvaient plus rentrer en compétition pour la reproduction avec les mâles stériles lâchés massivement par la suite. Ces deux techniques de lutte couplées l'une à l'autre, ont été couronnées de succès dans certaines îles du Japon et d'Hawaï pour éradiquer respectivement les espèces *B. cucurbitae* et *B. dorsalis* en utilisant les paraphéromones à base de cue lure et de méthyl eugénol [92, 93, 235].

L'utilisation des substances sémiochimiques est aussi une technique courante pour contrôler les insectes ravageurs des cultures [172, 173, 185, 187, 188, 227, 228]. En effet, chez la plupart des insectes, les sens chimiques tiennent une place prépondérante dans la régulation des différents comportements qui leur permettent de réaliser leur cycle biologique. Parmi ces sens chimiques, l'olfaction est particulièrement développée, notamment chez les espèces de mœurs nocturnes. Par exemple, la rencontre des sexes, dont dépend le succès reproducteur,

¹⁰ SIT : sterile insect technique.

¹¹ MAT : male annihilation technique.

repose souvent sur les phéromones sexuelles. A côté du piégeage à l'aide de phéromones sexuelles, il existe également des pièges à base d'appâts alimentaires et des pièges lumineux [4, 26, 33, 36, 71, 130, 208, 223, 224].

Les pièges à phéromones ou à paraphéromones peuvent être utilisés comme méthode de surveillance pour la détection des périodes de vols et le monitoring des populations, d'insectes mais - dans certain cas - comme une technique de piégeage de masse [71, 157]. Bien qu'efficace pour certains ravageurs (Tordeuses, Noctuelles,...), cette technique reste encore coûteuse (coût d'un piégeage de masse pour la mouche des fruits, *Ceratitis rosa* ou *Ceratitis capitata*, est d'environ 500 €/ha pour des systèmes de piégeage CERATIPACK® ou DECIS TRAP® à raison de 6 à 6,50 € le piège + l'attractif sexuel et pour une densité conseillée de 80 pièges par hectare), et exige de la part des utilisateurs une certaine technicité que n'ont pas toujours les petits producteurs. Pour les mouches des Cucurbitacées, le coût est beaucoup plus faible, 50 €/ha en raison d'une densité de pièges moins élevée (20 pièges/ha) et du prix piège + attractif sexuel de 2,50 € [82, 83].

Toujours dans la catégorie des types de lutte biotechnique, nous avons les bioinsecticides d'origine minérale. Il s'agit des huiles de paraffine. Elles agissent par asphyxie sur les œufs d'insectes, les formes hivernantes d'acariens et les cochenilles. A côté de ces huiles, il y a les huiles essentielles à base de thym à thymol, d'orange douce, clou de girofle. Les huiles essentielles (HE) sont utilisées pour leurs propriétés antibactériennes, virucides, fongicides et insecticides [7]. Bien qu'elles soient considérées comme des produits phytopharmaceutiques, au regard du règlement européen n°1107/2009 encadrant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, elles sont considérées comme des substances actives à faibles risques [2].

Il y a aussi le kaolin qui agit préventivement en tant que barrière physique minérale (naturelle répulsive et insectifuge) en formant une pellicule blanchâtre à la surface du végétal. Cette barrière qui n'altère pas la photosynthèse, rend le végétal inhospitalier aux ravageurs. Elle les perturbe dans le repérage des plantes-hôtes, les gêne dans leurs déplacements sur le végétal, dans leur prise de nourriture. Ce produit est efficace contre les pucerons, les mouches des fruits, les psylles et les cicadelles des arbres fruitiers. Le soufre et le cuivre restent les deux produits minéraux les plus connus en AB [2].

Au niveau des produits de biocontrôle efficace dans la lutte anti-limace, on peut citer la solution IRONMAX PRO®, composée de 3% de phosphate ferrique, homologué en AB au niveau UE. La lutte anti-limace n'est pas qu'une affaire de produit. Elle doit s'appréhender à toutes les étapes de l'itinéraire technique des cultures (travail du sol superficiel, déchaumage des céréales, ...) et à l'échelle de la rotation de culture pour perturber le cycle de reproduction des gastéropodes (limace et escargot). La lutte anti-limace s'appréhende aussi en privilégiant les carabes prédateurs naturels des limaces, mais également la macrofaune (oiseaux, hérissons, batraciens, reptiles) en installant des aménagements de bords de parcelles qui contribueront à créer des abris et zones refuges (haies arbustives, couverts végétaux, bandes enherbées, ...).

Enfin, nous avons aussi retrouvé dans la littérature, d'intéressantes expériences obtenues avec des produits naturels aux propriétés insecticides et fongicides d'origine animale (excréments et urine de vache, chèvre ou mouton) généralement additionnés avec de la cendre de bois.

5.2 Moyens de lutte alternative testés à Madagascar

Les méthodes culturales contre les ennemis des cultures, dont les premières ont été vulgarisées à partir des années 1930 et, ont continué à l'être pendant des décennies, sont encore utilisées couramment à Madagascar.

Les principales méthodes que l'on a pu constater lors des visites sur le terrain et entretiens avec les paysans et agents des services techniques sont : i) le nettoyage des parcelles et le broyage des résidus de culture en fin de cycle cultural, afin d'éliminer un maximum d'inoculum de maladies et d'insectes sous forme larvaire ; ii) le sarclage des parcelles avant, pendant et après les cultures, afin de réduire la compétition des adventices ; iii) l'utilisation de cultivars résistantes lorsqu'ils existent (contre la mosaïque africaine du manioc, la RYMV du riz,...) ; iv) le traitement des semences avant semis (extraits aqueux à base de graines de neem à pulvériser au niveau du collet des plantules) ; v) la rotation qui contribue à rompre le cycle des bioagresseurs, en particulier les ravageurs telluriques et les champignons pathogènes par l'introduction de cultures non-hôtes ; vi) l'association de cultures (maïs + mucuna ou maïs + niébé) afin d'augmenter la biodiversité au sein des parcelles et de

rendre le système de culture plus résilient face aux bioagresseurs ; vii) l'utilisation de plantes de services assainissantes et/ou pièges (crotalaires¹², *Tephrosia*, *Bracharia*,...) pour la régulation de certains ravageurs ; viii) la préservation des insectes utiles (pollinisateurs et auxiliaires des cultures) par la mise en place de haies vives et/ou de bandes enherbées dans les systèmes de culture pluriannuelle ou pérenne ; ix) labour d'arrière-saison afin de casser le cycle des insectes terricoles (Randriamanantsoa R. 2021, com. pers.).

Un certain nombre de techniques de lutte alternative contre les bioagresseurs des cultures ont été mis en œuvre très tôt à Madagascar [194]. On peut émettre l'hypothèse que les premières tentatives de lutte biologique ont été mise en œuvre suite aux invasions acridiennes en 1959-1961. En effet, en raison du manque d'information précis sur l'efficacité réelle des produits antiacridiens utilisés (HCH, dieldrine,...) contre *Nomadacris septemfasciata* et *Locusta migratoria capito*, leur nuisances vis-à-vis de la faune et de la flore ainsi que les coûts élevés des applications, dès 1964 un inventaire des ennemis naturels de ces locustes ont été entrepris, avec une volonté affichée des autorités de l'époque de mettre en œuvre des programmes de lutte intégrée dans la région de Betioky.

De 1955 à 1979, plusieurs introductions et lâchers d'Hyménoptères et de mouches Tachinaires parasitoïdes de provenance d'Afrique, d'Asie et des Mascareignes ont été tentées pour lutter contre les foreurs sur canne à sucre, maïs et riz. Certaines ont été peu satisfaisantes, d'autres ont permis l'acclimatation du parasitoïde dans le pays avec des recaptures sur les mêmes points de lâchers qu'auparavant [18, 37, 45, 51, 52, 55, 182, 194, 197].

Contre les infestations des fruits tempérés et tropicaux par les Cératites, des introductions et lâchers de quatre espèces de parasitoïdes provenant de France et d'Hawaï ont été effectués entre 1962 et 1965 par le Laboratoire de la division d'entomologie agricole de l'IRAM [199]. Deux de ces quatre Hyménoptères se sont acclimatés et se retrouvent dans les larves de mouches des fruits, mais aucune étude récente n'a permis de réactualiser leur statut dans les zones de lâchers.

Dans les années 1980 à 2000, à travers des projets/programmes (projet de protection intégrée de la riziculture au lac Alaotra, projet Voarisoa, projet Promotion de la protection intégrée des cultures et des denrées stockées à Madagascar,...) financés par différents bailleurs publics (DDC, GTZ/DPV, AFD/CIRAD-BV Lac, Africa-Rice,...), et plus récemment, le projet *Better Cotton Initiative* financé par des intérêts privés, des expérimentations ont été mises en œuvre concernant : i) la mise en place de pratiques culturales ; ii) l'utilisation de biopesticides à base d'extraits naturels de plantes ; iii) l'utilisation d'antagonistes microbiologiques (*Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*) contre les vers blancs en riziculture et culture sucrière ; iv) l'utilisation de variétés résistantes/tolérantes de riz au RYMV (Soafintsanga, Vesainky, Giganté, Bekarôsaka, Tog 5681, Tog 5672, IRAT 177, Azucena), aux foreurs des tiges, à la verse [20, 194, 195, 197].

Ces expérimentations en stations et en milieu paysan ont été menées avec plus ou moins de succès et de pérennité. Elles ont néanmoins fait l'objet de nombreux rapports qui sont malheureusement – de notre point de vue – encore très peu valorisées et utilisées par les projets de développement [194, 195]. Pour exemple, les deux brochures sur « La valorisation des pratiques paysannes » conçues et éditées par l'ONG *Voarisoa Observatoire* et ses partenaires sur l'utilisation empirique des biopesticides à base d'extraits de plantes et d'origines animale [10].

Le CEFFEL, FIFATA et FERT ont quant à eux produit des fiches sur quelques plantes à propriétés insecticides et fongicides (consoude, absinthe, tanaïsie, ortie, tephrosia et neem).

Il existe actuellement quelques produits phytopharmaceutiques de biocontrôle distribués sur le marché national¹³ :

¹² Berimey M-A (2012) : Contrôle des nématodes et des symphytes, parasites des racines de l'ananas par l'utilisation de plantes de service. Mémoire de Master II - Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités, Université des Antilles et de la Guyane - CIRAD - IRD, 30 pages.

¹³ Source : Plan intégré de gestion des pestes et des pesticides. Projet MIONJO. Ministère de l'Intérieur et de la décentralisation (2020), 121 pages.

Tableau 13 : Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle distribués à Madagascar

Produit commercial	Substance active	Usage		Dose homologuée	Firmes distributrices
		bioagresseur	culture		
NEEM SER®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i>	chou de Chine	250 ml/ha	ArBiochem
TRIAC®	pyréthre	<i>Plutella xylostella</i>	chou de Chine	0,25 l/ha	ArBiochem
EAU DE NEEM®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i> <i>Aphis sp</i>	brocoli petit pois	0,5 litre/10 l d'eau pour traiter 10 ares	ArBiochem
ARENE®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i>	brocoli	1 l/ha	Agrivet
HELITEC®	nucléopolyhedrosis virus	<i>Helicoverpa armigera</i> <i>Cryptophlebia leucotreta</i> <i>Spodoptera littoralis</i>	coton, maïs et cultures légumières	coton (0,33 l/ha) légumes (0,5 l/ha)	Prochimad
MICROTHIOL SPECIAL®	soufre micronisé	oïdium	vigne et cultures légumières	2 kg/ha	Prochimad
ESSEM®	soufre sublimé	oïdium acarions	courgette	6 kg/ha	Agricom
PARAGRI 45®	huiles essentielles	<i>Spodoptera frugiperda</i>	maïs	Dans un sachet PVC sous forme de diffuseur à raison de 24 sachets en deux apports	Aromathera
HETE-RENOCIDE®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Heteronychus spp.</i>	riz, maïs, haricot	3 l/ha	Biozen Sarl.
APIGUARD®	thymol	<i>Varroa destructor</i>		2 applications successives de 50 g de gel par colonie à 2 semaines d'intervalle	Titely
THYMOVAR®	thymol	<i>Varroa destructor</i>		2 plaquettes/ruche	Biovet
GREEN MUSCLE®	<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	<i>Locusta migratoria capito</i> <i>Nomadacris septemfasciata</i>	toutes cultures	100 g m.a./ha	Prochimad
PARALEPIDIP-TUS®		<i>Neoceratitis cyanescens</i> <i>Agrotis segetum</i>	tomate	1 piège/100m ²	Biozen Sarl.
BIOPIQ®	matrine	<i>Aphis spp.</i>	brède	1 l/ha	Agricom

L'ONG *Voarisoa Observatoire*, en collaboration avec la DPV, a permis d'inventorier près de 450 plantes pouvant être utilisées pour contrôler les ravageurs des cultures. La DPV a entrepris des campagnes de sensibilisation et

de formation sur l'emploi des plantes insecticides en direction des agriculteurs et de leurs groupements dans la Région Atsimo Andrefana¹⁴.

Nous décrivons ci-dessous les principales préparations biopesticides testées et/ou préconisées par le FOFIFA, certaines ONG et/ou projets de développement.

5.2.1 Manipueira (extrait à base de farine de manioc)

A Madagascar, la manipueira a été testé par le FOFIFA et l'Université d'Antananarivo comme insecticide sur la cochenille blanche du manioc, *Aonidomytilus albus* présents sur boutures de manioc sur la station d'Ambatondrazaka Alaotra Mangoro. Le trempage des boutures dans une solution à base de manipueira a été efficace sur cette cochenille.

5.2.2 Bouses et urine de vache

Ces produits ont été testés à Betafo (Antsirabe II) avec une certaine efficacité, mais non encore documentée. En effet, on ne connaît actuellement très peu de chose sur son mode d'action, mais on lui confère des propriétés fongiques sur certaines maladies des cultures.

Ces produits à base de bouses et d'urine de vaches présentent une même efficacité que les fongicides à base de dithane, selon les phytopathologistes du FOFIFA¹⁵:

- la bouse de vache sous forme séchée, broyée et appliquée en cultures maraîchères (tomate et pomme de terre), elle présente des propriétés fongicides contre les mildious de la tomate et de la pomme de terre. Elle atténue les formes graves de la maladie.
- la bouse de vache fraîche additionnée à de l'eau, la solution a des propriétés fongicides contre *Alternaria spp.* sur les cultures de tomates, pommes de terre et oignon, et contre *Phytophthora infestans* sur Solanacées. Toujours sous cette forme, les applications en traitements foliaires des parties aériennes ont également démontré des propriétés insecticides contre les chenilles défoliatrices en culture maraîchère avec une fréquence d'une pulvérisation par semaine.
- l'urine non diluée a montré des propriétés insecticides contre différentes espèces de cochenille sans toutefois préciser lesquelles.

5.2.3 Cendres de paille de riz

Les cendres de végétaux (bois, pailles, résidus de cultures, ...) sont considérées comme un engrais ou un amendement fertilisant pour enrichir les terres cultivées en sels minéraux, notamment en potasse et oligo-éléments. Madagascar, n'échappe pas à cette tradition agricole ancestrale. Sur les Hauts-Plateaux, les producteurs épanchent sur leurs parcelles, des cendres provenant des balles de riz utilisées comme combustible pour la fabrication des briques. En plus de l'apport en éléments fertilisants, les cendres ont d'autres propriétés selon certains producteurs qui les utilisent dans la lutte contre les ravageurs et les maladies des cultures.

Mode d'action : Par contact.

Insecticide en traitement foliaire (une fois semaine).

Organismes nuisibles cibles : Chenilles défoliatrices des cultures maraîchères (choux, chou-fleur et brèdes).

5.2.4 Extraits aqueux à base d'ail

Mode d'action : Par contact.

¹⁴ Source : Plan intégré de gestion des pestes et des pesticides. Projet MIONJO. Ministère de l'Intérieur et de la décentralisation (2020), 121 pages.

¹⁵ Communication personnelle.

Insecticide en traitement foliaire (application tous les 10 jours).

Organismes nuisibles cibles : Chenilles défoliatrices sur haricot.

5.2.5 Extraits aqueux à base de piment

Mode d'action : Par ingestion.

Insecticide en traitement foliaire (application tous les 10 jours).

Organismes nuisibles cibles : Chenilles défoliatrices et pucerons sur chou, chou-fleur et brède.

5.2.6 Extraits aqueux à base de graines/feuilles de lilas de Perse

Ce type de préparation a été testé par AGRISUD, le GSDM et différents projets depuis 2019.

Mode d'action : Par contact et inhalation. Effet répulsif, traitement du sol.

Mode de préparation :

Mélangez 500 g de poudre de graines dans 10 litres d'eau ou 1 kg de feuilles dans 10 litres d'eau. Laissez reposer 15 jours. Puis diluer le mélange obtenu dans 10 litres d'eau pour l'application.

Organismes nuisibles cibles : l'enfouissement de feuilles dans le sol ou la pulvérisation d'une préparation aqueuse d'extrait à base de feuille ou de graines broyées ont été testés comme des traitements efficaces contre les vers blancs et contre les chenilles.

5.2.7 Extraits aqueux à base feuilles de neem

Ce type de préparation a été testé par AGRISUD, le GSDM et différents projets depuis 2019.

Mode d'action : Par contact et ingestion. Effet insecticide, insectifuge, fongicide, nématicide, inhibiteur de consommation et inhibiteur de croissance, répulsif.

Organismes nuisibles cibles : Pucerons, mouches blanches, vers blancs, vers gris, borer, teigne des Crucifères, noctuelles, sauterelles, citadelles, nématodes, oïdium, pourriture de la racine et bactéries.

L'extrait aqueux a en revanche pas d'effet sur les cochenilles, punaises, mouches des fruits et acariens.

Traitement de semences : 500 g de poudre de graines + 10 litres d'eau. Pulvérisation au niveau du collet des plantes.

Traitement foliaire : 500 g à 1 kg de feuilles broyées + 10 litres d'eau.

5.2.8 Extraits aqueux à base de feuilles de *Tephrosia sp.*

Ce type de préparation a été testé par AGRISUD, le GSDM et différents projets depuis 2019.

Mode d'action : Insecticide préventif.

Mode de préparation :

Mélangez 1 kg des feuilles des deux plantes à 10 litres d'eau. Laisser incuber pendant 15 jours en agitant la décoction tous les trois jours.

Organismes nuisibles cibles : Vers blancs et autres insectes terricoles.

5.2.9 Extraits aqueux à base feuilles de *Psidia altissima* + *Lantana sp.*

Ce type de préparation a été testé par AGRISUD, le GSDM et différents projets depuis 2019.

Mode d'action : Insecticide préventif.

Mode de préparation :

Mélangez 1 kg des feuilles des deux plantes à 10 litres d'eau. Laisser incubé pendant 15 jours en agitant la décoction tous les trois jours.

Organismes nuisibles cibles : *Plutella xylostella* ainsi qu'un certain nombre de ravageurs aériens. La fréquence des applications est d'un à deux traitements par semaine. Son efficacité est avérée lorsque la pression du ravageur reste faible.

5.2.10 Extraits aqueux à base de feuilles de Neem + *Tephrosia* sp. + *Tithonia* sp.

Ce type de préparation a été testé par le Centre d'Expérimentation et de Formation en Fruits et Légumes (CEFFEL) dans la Région du Vakinankaratra en 2019.

Mode d'action : Insecticide et insectifuge.

Mode de préparation :

Découpez finement des feuilles de Neem, de *Tephrosia* sp., de *Tithonia* sp. et de sisal auquel vous mélangez un broyat de piment frais et de la bouse de vache. Laissez tremper dans 10 litres d'eau pendant 15 à 21 jours. Le volume préconisé est de 1 litre de mélange végétal pour 10 litres d'eau. La fréquence des applications est d'un à deux traitements par semaine.

Organisme nuisible cible : *Tuta absoluta*.

5.2.11 Extraits à base de feuilles de consoude

Ce type de préparation a été testé par le Centre d'Expérimentation et de Formation en Fruits et Légumes (CEFFEL) dans la Région du Vakinankaratra en 2019.

Mode d'action : Répulsif. Les feuilles sont découpées grossièrement et mis en fermentation dans 10 litres d'eau pendant 2 semaines avec agitation tous les 2 jours.

Mode de préparation :

Mélangez 1 kg des feuilles des deux plantes à 10 litres d'eau. Laisser incubé pendant 15 jours en agitant la décoction tous les trois jours.

Organismes nuisibles cibles : prévention et lutte contre mildiou des Solanacées (tomate et pomme de terre).
Dosage : 10 litres/are tous les deux semaines en traitement préventif et toutes les semaines en curatif.

5.2.12 Extraits à base de feuilles de tanaïsie

Ce type de préparation a été testé par le Centre d'Expérimentation et de Formation en Fruits et Légumes (CEFFEL) dans la Région du Vakinankaratra en 2019.

Mode d'action : Insecticide. Les feuilles sont découpées et mis en fermentation dans 10 litres d'eau pendant 2 semaines à l'abri de la lumière et avec agitation tous les 2 jours.

Mode de préparation :

Mélangez 1 kg des feuilles des deux plantes à 10 litres d'eau. Laisser incubé pendant 15 jours en agitant la décoction tous les trois jours.

Organismes nuisibles cibles : acarien rouge.
Dosage : 10 litres/are par semaine en traitement curatif.

5.2.13 Extraits à base de feuilles de tagette

Ce type de préparation a été testé par le Centre d'Expérimentation et de Formation en Fruits et Légumes (CEFFEL) dans la Région du Vakinankaratra en 2019.

Mode d'action : Insecticide. Les feuilles sont découpées et mis en fermentation dans 10 litres d'eau pendant 2 semaines à l'abri de la lumière et avec agitation tous les 2 jours.

Mode de préparation :

Mélangez 1 kg des feuilles à 10 litres d'eau. Laisser incuber pendant 15 jours en agitant la décoction tous les trois jours.

Organismes nuisibles cibles : acarien rouge.

Dosage : 10 litres/are par semaine en traitement curatif.

5.2.14 Purin à base de feuilles de bemaïmbo + laingomaimbo + neem + pois d'Angole

Cette préparation est utilisée par les producteurs de la Boeny appuyés par le projet ProSol.

Mode d'action : Ce mélange aux propriétés insectifuge et fongistatique est utilisé avec efficacité sur cultures maraîchères. Il est appliqué à une fréquence d'une à deux fois par semaine.

Mode de préparation :

Les feuilles des différentes plantes sont découpées en petits morceaux. Les quantités utilisées sont : 1 *soubique* de feuilles découpées pour un volume équivalent de bouses de bovin (fraîche ou séchée) que l'on mélange dans 150 à 200 litres d'eau. Le mélange est mis en incubation pendant 21 jours avec une agitation tous les 3 jours.

Organismes nuisibles cibles : chenilles défoliatrices, insectes aériens.

Dosage : 1 litre de cet extrait obtenu est à diluer dans 10 à 15 litres d'eau.

Concernant les pratiques culturales, des techniques dites agroécologiques ont été testées par le GSDM en partenariat avec le GRET et le FOFIFA/CIRAD dans la Région Androy dans le cadre du programme ASARA, telles que l'utilisation de plantes de services :

- avec *Stylosanthes sp.* pour lutter contre les vers blancs et le *Striga sp.* ;
- avec *Mucuna sp.* en rotation avec des céréales pour abaisser les attaques de foreurs des tiges, les vers blancs et les pucerons. Le *Mucuna sp.* a montré une action insectifuge contre ces ravageurs.
- avec *Mucuna sp.* en rotation avec de la patate douce pour réduire les attaques de *Cylas spp.* et d'*Acraea zitijs*, papillon de la famille des *Nymphalidae*.
- avec *Mucuna sp.* en rotation avec des Légumineuses pour « casser » les cycles de développement d'*Helicoverpa armigera*, d'*Anoplocnemis madagascariensis* et de *Nezara viridula*.

Les pratiques d'*ady gasy* sont bien connues par les petits producteurs comme moyens de lutte contre les ennemis des cultures, et facilement réalisables sur de petites superficies au niveau de l'exploitation familiale. Leur adoption n'est pas encore systématique. Les produits naturels testés et utilisés sont efficaces en préventif sur les cultures où la pression parasitaire reste néanmoins faible. Les produits phytosanitaires de synthèse restent toujours utilisés en dernier recours en cas de fortes pressions des bioagresseurs sur leurs cultures.

5.3 Moyens de lutte alternative testés à l'international

Cette revue, basée sur des publications scientifiques ou de vulgarisation, a pour objectif d'évaluer le potentiel des plantes pesticides comme alternative à l'usage des pesticides de synthèse pour lutter contre les bioagresseurs des cultures principalement vivrières et maraîchères en Afrique de l'Ouest et Centrale. Nous avons également pu avoir accès à des préparations à base de plantes insecticides réalisées et testées sur le continent Indien et Sud-américain, ainsi que dans les îles du Pacifique [3, 5, 7, 23, 24, 28, 29, 31, 35, 41, 42, 43, 57, 78, 86, 101, 102, 120, 121, 131, 132, 133, 135, 140, 151, 161, 168, 169, 175, 190, 201, 207, 209, 215, 217, 218, 219, 231, 232, 237, 238].

Dans certaines conditions, les extraits de plantes peuvent avoir une efficacité comparable à celle des insecticides classiques. Si cette dernière efficacité n'est pas complète (biocide), elle peut néanmoins permettre de maintenir la population de ravageurs en dessous du seuil de nuisibilité et réduire l'usage des pesticides de synthèse utilisés sur les cultures par des effets répulsif et/ou anti-appétant vis-à-vis des insectes et acariens [217, 218]. En effet, par leur odeur ou leur présence, ces produits dressent une barrière qui repousse les bioagresseurs (exp. : l'épandage de cendres d'inflorescence mâle du palmier à huile pour lutter contre les acariens).

Malgré leurs innombrables avantages (faible coût, disponibilité des matières premières, peu toxique pour la santé humaine, préservation de l'environnement et des auxiliaires de cultures,...), les plantes pesticides sont très peu utilisées par les petits producteurs. En effet, la spécificité des biopesticides nécessite une bonne connaissance des bioagresseurs car leur spectre d'action est réduit, le temps nécessaire pour réaliser les extraits est souvent considéré comme trop contraignant, la vitesse d'action souvent lente les rend impropres à traiter une menace immédiate surtout en cas d'épidémie ou d'infestation forte, leur durée de conservation est relativement courte (2 à 5 jours), le nombre de traitements requis trop important et la spécificité de ces extraits forment quelques-unes des raisons qui n'encouragent pas leur utilisation par les producteurs. Par exemple, il faut compter environ 6 heures pour la préparation du purin à base de feuilles, tiges ou fruits de papayer, avec un délai de décoction de quelques jours. Cela requiert donc de la part du producteurs, une anticipation de sa part face à une recrudescence d'insectes ou de maladie [101, 132, 136].

En matière d'efficacité, la lenteur de leurs effets, leur faible rémanence et le spectre d'action très réduit, comparé à celui des produits de synthèse, sont souvent considérés comme un inconvénient majeur. Aussi, lorsqu'ils sont vendus dans le commerce, ces extraits ou formulations coutent relativement plus chers que les pesticides de synthèse.

Les produits de traitement peuvent également être composés d'extraits de plantes de plusieurs espèces. Ces mélanges ont montré pour certaines compositions soit une plus grande efficacité sur un organisme cible, soit un spectre plus large d'organismes visés.

Les modes de préparation de chacune de ces plantes sont exposés en annexe du document et ont fait l'objet, pour certaines mixtures, de tests d'efficacité en laboratoire et/ou en plein champ par diverses institutions [217, 218].

Les modes d'action des plantes à effets pesticides sont diverses. Elles peuvent avoir un effet répulsif et anti-appétant : les insectes sont repoussés par le goût et l'odeur de ces substances. D'autres peuvent avoir un véritable effet insecticide. Leur application provoque la mort par ingestion, inhalation voire par contact direct (c'est plus le cas des préparations à base de pétrole lampant) des insectes et acariens traités. Enfin, certaines préparations agissent sur le comportement sexuel des insectes, tel que la diminution de la capacité de reproduction, la stérilité complète des femelles traitées ou encore l'incapacité des larves de chenilles de se transformer en chrysalide,... [217, 218].

Sur les maladies des plantes, certaines applications d'extraits de plantes inhibent le développement des spores et des hyphes de champignons. D'autres renforcent les défenses immunitaires des plantes traitées contre la plupart des parasites (oïdium, rouille et mildiou). Certaines plantes citées ci-dessous ont également des principes actifs fongicides, mais la gamme des maladies cibles reste étroite.

A l'heure actuelle, les plantes molluscicides citées dans la littérature sont peu nombreuses et, pour la plupart, insuffisamment étudiées, notamment sur les gastéropodes malgaches, tels que *Veronicella sp.*, *Macrochlamys sp.*, *Deroceas laeve* et *Achatina sp.*, principaux ravageurs des cultures maraîchères [204].

Nous donnons ci-dessous, un éclairage sur les organismes cibles et les modes d'action des principales plantes insecticides/fongicides utilisés dans la protection des cultures au niveau international. Pour des raisons de structuration du présent rapport et pour apporter une facilité de lecture, nous avons porté en annexe les « recettes » de préparation.

5.3.1 Annone (*Annona reticula* ; *A. muricata* ; *A. squamosa*)

Ce sont des arbustes de petite taille très répandus en Amérique tropicale. Quelques espèces sont originaires d'Asie et d'Afrique. Certaines espèces sont présentes dans les îles de l'Océan Indien, notamment à Madagascar.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes :

Graines, feuilles, fruits mûrs.

Mode d'action : Par contact et ingestion [217, 218].

Insecticide à effet ovicide, répulsif, anti-appétant, nématicide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles : *Aphis fabae*, *A. gossypii*, chenilles défoliatrices en général, cicadelles sur riz, *Coccus viridis*, criquet en général, *Helicoverpa armigera*, *Lipaphis erysimi*, *Lygus* spp., mouches des fruits en général, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella*, pucerons en général, *Spodoptera* spp. [217, 218].

5.3.2 Neem (*Azadirachta indica*)

Le margousier ou neem est arbre originaire d'Inde appartenant à la famille des Méliacées. Il a été largement distribué dans les zones tropicales des continents africain et sud-américain. Il est présent à Madagascar.

Il est parfois confondu avec le lilas des Indes (*Lagerstroemia speciosa*) ou avec le lilas de Perse (*Melia azedarach*) qui n'ont pas les mêmes propriétés insecticides que le neem.

À Madagascar, l'espèce végétale utilisée en tant qu'insecticide est *Melia azedarach* beaucoup plus présente que *Azadirachta indica*. Par ailleurs, il a été observé que l'efficacité du neem variait avec la formulation de la préparation (extrait aqueux ou huile). L'huile a un effet répulsif plus durable que l'extrait.

Récemment, l'efficacité anti-appétante et répulsive des feuilles de neem a été validée dans une étude où l'on a observé que l'amendement organiques avec de la poudre de neem ajoutée à des cendres de charbon de bois, améliorerait considérablement la résistance des plantes contre l'infestation par les pucerons [115].

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Graines, feuilles.

Mode d'action : Les composés du neem agissent principalement en ingestion et ont un mode d'action systémique [217, 218].

Insecticide, acaricide, répulsif, nématicide, fongicide, anti-appétant, inhibiteur de croissance (l'azadirachtine, principale substance active du neem, bloque les mues des larves de Lépidoptères ; l'insecte reste au stade larvaire et meurt.) et de la reproduction en bloquant les accouplements. Les effets de l'huile de neem sur les insectes ne sont immédiats. Il faut attendre 2 à 3 jours pour constater la mort des ravageurs ou leur fuite.

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : acariciens en général, *Agrotis* spp., *Bemisia tabaci*, *Busseola fusca*, *Cbilo* spp., *Chrysomphalus aonidum*, *Clavigralla tomentosicollis*, *Cnaphalocrocis (Marasmia) trapezalis*, criquets en général, fourmi en général, *Helicoverpa armigera*, *Liriomyza trifolii*, *Locusta migratoria*, *Maruca vitrata*, *Nezara viridula*, *Oryctes monoceros*, *Parapolyx stagnalis*, *Plutella xylostella*, pucerons en général, *Spodoptera frugiperda*, *S. littoralis*, *Thrips* spp. [217, 218].

Maladies : *Phytophthora* spp. (cacao) [217, 218].

5.3.3 Derris (*Derris elliptica* ; *D. malaccensis* ; *D. uliginosa*)

Légumineuses originaires d'Asie du Sud-Est et des îles du Pacifique dont on extrait la roténone. Elle est présente également en Afrique et à Madagascar. Les extraits de cette plante ont même fait l'objet d'une thèse qui avait pour but, l'étude des effets nématicides des extraits aqueux de la racine, même sèche, sur *Aphelenchoïdes besseyi*, nématode foliaire sur riz à Madagascar¹⁶.

La roténone est le principe actif insecticide de Derris. Bien que très efficace, il est malheureusement peu sélectif envers tous les insectes. Son emploi est interdit en période de floraison (abeilles et autres pollinisateurs) et fortement déconseillé lorsque les auxiliaires sont présents dans les cultures. La récolte des racines peut se faire deux ans après plantation. Les racines les plus minces sont aussi les plus riches en substances toxiques. Pour une meilleure efficacité des préparations, les racines doivent être séchées au soleil, ce qui assure une meilleure

¹⁶ Source : Raliarison A. (1971) : Actions nématicide et physiologique de l'extrait aqueux des racines de Derris elliptica Beth. Thèse de l'École Pratique des hautes Études – Section des Sciences Naturelles. Université de Paris (Collège de France). Paris, France, 104 pages.

conservation des principes actifs. Une fois bien déshydratées, les racines doivent être conservées à l'abri de l'humidité, de la chaleur et de la lumière.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Racines.

Mode d'action : Par contact et ingestion.

Insecticide, molluscicide, répulsif, anti-appétant [217, 218].

Une étude a montré que les larves du genre *Syrphus* sp. n'étaient pas détruites par des aspersions à base de racines de *Derris elliptica*. Ceci est particulièrement intéressant, puisque les Aphides (Pucerons) sont très sensibles à l'action de contact d'aspersions à base de ces corps, alors que les larves de Syrphidae, prédatrices des pucerons, ne sont nullement affectées, aux concentrations usuelles.

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Aphis craccivora*, *A. gossypii*, chenilles défoliatrices en général, *Coccus viridis*, *Helicoverpa armigera*, mouches des fruits en général, *Nezara viridula*, *Plutella xylostella*, pucerons en général, *Spodoptera litura*, *Thrips tabaci*, *Trichoplusia ni* [217, 218].

Maladies : *Pyricularia oryzae* [217, 218].

5.3.4 Gingembre (*Zingiber officinale*)

C'est une espèce de plantes herbacée originaire d'Inde. Il a été largement distribué sur le continent africain et les îles de l'Océan Indien comme condiment alimentaire. Il est cultivé par de nombreux petits producteurs malgaches.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Rhizomes.

Mode d'action : Insecticide, fongicide, nématicide, répulsif [217, 218]

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Helicoverpa armigera*, pucerons en général, *Thrips tabaci*, *Bemisia tabaci*, nématodes [217, 218].

Maladies : helminthosporiose du riz et *Colletotrichum gloeosporioides* [217, 218].

5.3.5 Ail (*Allium sativum*)

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Bulbes.

Mode d'action : Insecticide, bactéricide, fongicide, nématicide, répulsif, anti-appétant [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Helicoverpa armigera*, pucerons en général, *Thaumatotibia leucotreta*, *Plutella xylostella*, mouches des fruits en général, *Spodoptera spp.*, *Trichoplusia ni*, *Aphis gossypii*, *Nezara viridula*, *Thrips tabaci* [217, 218].

Maladies : *Alternaria solani*, *Cladosporium cucumerinum*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Cochliobolus miyabeanus*, *Golovomyces cichoracearum*, *Pyricularia oryzae*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*, *Xanthomonas* spp. [217, 218].

5.3.6 Lilas de Perse (*Melia azedarach*)

Cet arbre à croissance rapide de la famille des Méliacées est originaire du nord de l'Inde et de la Chine, jusqu'à l'Australie et Madagascar. Attention à ne pas le confondre avec le neem qui est très proche du point de vue botanique, mais dont les propriétés insecticides sont plus efficaces.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, amandes et fruits

Mode d'action : Par contact, ingestion et systémique.

Insecticide, fongicide, répulsif, anti-appétant, anti-oviposition [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Aphis* spp., *Ephestia cautella*, *Helicoverpa armigera*, *Locusta migratoria*, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera frugiperda*, *S. littoralis*, *Spodoptera* spp., *Tetranychus urticae*, *Thrips* spp., *Trioza erytreae* [217, 218].

5.3.7 Karanja (*Millettia pinnata*)

M. pinnata est un arbre de la famille des Fabacées, originaire des régions tropicales et tempérées d'Asie, y compris des parties de l'Inde, la Chine, le Japon, la Malaisie, l'Australie et les îles du Pacifique. L'espèce a été introduite dans de nombreuses régions tropicales, dont Madagascar comme arbre d'ornement. Il est très résistant à la sécheresse et peut se développer dans des sols pauvres.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, noyaux et amandes (huiles essentielles).

Mode d'action : Insecticide, répulsif, anti-appétant, anti-oviposition [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Bemisia tabaci*, *Chilo partellus*, *Coccus viridis*, pucerons en général, *Spodoptera litura* [217, 218].

5.3.8 Pyrèthre (*Chrysanthemum cinerariifolium*)

C'est une vivace herbacée rustique qu'on appelle également Tanaisie à feuilles de cinéraire. Originaire de la côte Adriatique, la plante s'est répandue bien plus largement du fait de ses propriétés insecticides, notamment en Afrique où certains pays comme le Kenya et la Tanzanie en ont fait des cultures rentables d'un point de vue économique. Attention, cependant à ne pas le confondre avec le pyrèthre d'Afrique (*Anacyclus pyrethrum*) qui contient également des pyrèthrines mais en moindre proportion. Il a été introduit comme plante insecticide à Madagascar sur les hauts plateaux en raison de son besoin en température moyenne relativement basse.

La pyrèthrine est très peu sélective (tue tous les insectes). Il est à éviter autant que possible au moment de la floraison (abeilles) ou s'il y a présence de nombreux auxiliaires des cultures. Par ailleurs, le produit n'a aucune rémanence.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Fleurs.

Mode d'action : Par contact.

Insecticide, répulsif, anti-appétant [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : acridiens en général, chenilles défoliatrices en général, pucerons en général, thrips en général, *Lygus* spp., *Plutella xylostella* [217, 218].

5.3.9 Quassia amer (*Quassia amara*)

La quassia amer ou quinine de Cayenne est une plante tropicale de la famille des Simaroubacées. Originaire d'Amérique latine il pousse naturellement dans plusieurs régions comme le Brésil, le Costa Rica, le Nicaragua ou la Guyane. Cette essence n'a pas été répertoriée en Afrique et dans l'Océan Indien.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, racines.

Mode d'action : Par contact, ingestion et aussi systémique.

Insecticide, larvicide, nématicide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : acariens en général, chenilles défoliatrices en général, mouches mineuse en général, pucerons en général, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella* [217, 218].

5.3.10 Basilic (*Ocimum basilicum* ; *O. sanctum*)

Le basilic tropical ou basilic exotique est une plante aromatique de la famille des Lamiacées, largement répandue dans la zone tropicale et subtropicale asiatique. Ses origines sont diverses, mais on le trouve principalement en provenance d'une poignée d'îles du sud-ouest de l'Océan Indien (Réunion, Comores, Seychelles et Madagascar) pour ses propriétés aromathérapeutiques.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, tiges.

Mode d'action : Insecticide, répulsif, molluscicide, fongicide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Busseola* spp., mouches mineuses en général, *Bactrocera* spp., *Dacus* spp., *Tetranychus* spp., limaces et escargots [217, 218].

Maladies : *Aspergillus flavus* [217, 218].

5.3.11 Piment (*Capsicum frutescens*)

C'est une épice largement répandue dans les régions tropicales et subtropicales. Il provient d'Amérique latine. Les Espagnols et les Portugais ont répandu l'usage du piment dans le monde entier. A Madagascar, il est cultivé par de nombreux petits producteurs sur tout le territoire.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Fruits.

Mode d'action : Par ingestion et inhalation.

Insecticide, répulsif, anti-appétant, antiviral, fumigant [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Bemisia tabaci*, chenille en général, fourmi en général, cochenilles en général, insectes défoliateurs, pucerons en général, ravageurs des denrées stockées, *Spodoptera frugiperda*, vers gris, *Tetranychus* spp., limaces en général [217, 218].

Maladies virales: Cucumber mosaic virus, Cucumber ringspot virus, Tobacco mosaic virus, Tobacco ringspot virus [217, 218].

5.3.12 Tephrosia (*Tephrosia vogelii* ; *T. candida*)

T. vogelii est petit arbre originaire d'Afrique tropicale de la famille des Fabacées. On le retrouve également en Amérique du sud, en Asie du Sud-Est. Il est présent aux Comores et à Madagascar.

Les principes actifs du Tephrosia sont la téphrosine, le toxicarol, la roténone, la dégueline et la rutine. Plus encore que dans les genres *Derris* et *Lonchocarpus*, on constate que la toxicité est très variable chez les plantes de mêmes espèces appartenant aux Tephrosiées, suivant le lieu où elles ont poussé, l'âge des plantes, les points du végétal d'où proviennent l'écorce, les feuilles, etc.

Des études ont montré que l'addition de savon comme mouillant accroît la toxicité des préparations à base d'insecticides roténonés. Les pucerons, les acariens rouges, les thrips sont extrêmement sensibles à l'action de Tephrosia lorsqu'on l'utilise en solution douées d'un pouvoir mouillant très élevé. Par ailleurs, l'addition de dérivés sulfonés et oxydés des hydrocarbures de pétrole renforce considérablement l'action des poisons de contact.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, écorce, graines et racines.

Mode d'action : Par ingestion, contact et inhalation.

Insecticide à propriété ovicide, anti-appétant, acaricide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Acridiens, *Agrotis* spp., fourmi en général, foreurs des tiges de céréales en général, *Plutella xylostella*, pucerons en général, ravageurs des denrées stockées, *Tetranychus* spp., *Toxoptera* spp. [217, 218].

5.3.13 Gliricidia (*Gliricidia sepium*)

Arbre de la famille des Légumineuses et originaire d'Amérique tropicale, il a été introduit comme arbre ornemental, mais aussi pour protéger les cultures de caféiers ou de vanille à Madagascar. Il se bouture facilement et sert aussi de tuteur pour les poivriers. La racine et l'écorce sont toxiques pour les poissons.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles et écorces.

Mode d'action : Insecticide, répulsif, rodenticide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Bemisia tabaci*, chenilles en général, pucerons en général, rats, vers blancs, *Spodoptera frugiperda*, termites [217, 218].

5.3.14 Gattilier en arbre (*Vitex negundo*)

V. negundo appartient à la famille des Verbénacées. Cette plante est largement répandue dans les pays méditerranéens ainsi qu'en Asie centrale. Cette espèce est retrouvée également en Afrique de l'Est, de Madagascar à l'Iran, la Birmanie, le Pakistan, le Sri Lanka, le Japon, l'Afghanistan, l'Inde, Taïwan, et dans toute la région malaisienne. Il est cultivé en Europe et en Amérique du Nord pour ses propriétés pharmaceutiques.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes :

Feuilles.

Mode d'action :

Par contact.

Insecticide, ovicide, bactéricide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Callosobruchus* spp., *Plutella xylostella*, pyrale du riz en général, *Spodoptera* spp. [217, 218].

5.3.15 Noix de malabar (*Adhatoda vasica*)

La noix de malabar ou encore appelé *vasaka*, originaire de l'Asie du Sud-Est, appartient à la famille des Acanthacées. Il se trouve dans de nombreuses régions de l'Inde et à travers le monde où il est cultivé pour ses multiples utilisations médicinales. Nous n'avons pas retrouvé dans la bibliographie, sa présence à Madagascar.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles.

Mode d'action : Par contact.

Insecticide, anti-appétant, acaricide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Cochenilles en général [217, 218].

5.3.16 Abricotier des Antilles (*Mammea americana*)

Originaire des Antilles et du Nord du continent Sud-américain, cet arbre fruitier appartient à la famille Calophyllacées. On le retrouve largement sur le continent africain suite à son introduction comme arbre d'ornement. La bibliographie consultée ne le cite pas à Madagascar.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes :

Toutes les parties de la plante ont des propriétés insecticides. Cependant, la partie principalement insecticide de la plante est la graine mûre. Les feuilles et l'écorce n'ont qu'une faible action insecticide. C'est un arbre des forêts tropicales humides à très humides (pluviosité annuelle de 1500 à 3000 mm) qui aime la lumière et que

l'on retrouve dans les plaines et clairières. Cet arbre qui peut être centenaire est souvent utilisé comme brise-vent et comme arbre d'alignement, malgré sa croissance lente.

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, répulsif, nématicide et efficace contre les tiques [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Acariens en général, charançon du riz, *Plutella xylostella*, pucerons en général, pyrale du chou, pyrale du melon, *Spodoptera frugiperda*, *Trichoplusia ni* [217, 218].

5.3.17 Rose d'Inde (*Tagetes erecta* ; *T. minuta*)

La rose d'Inde est une plante herbacée de la famille des Astéracées. Elle est originaire du Mexique. Elle est présente à Madagascar, et cultivée pour faire de l'huile essentielle dans la cosmétique.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Fleurs, feuilles et racines.

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, répulsif, nématicide, fongicide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Acridiens en général, chenilles en général, cicadelles en général, *Plutella xylostella*, pucerons en général, nématodes en général [217, 218].

Maladies : Grillure de la tomate, *Pyricularia oryzae* [217, 218].

5.3.18 Papayer (*Carica papaya*)

Le papayer est un arbre fruitier qui pousse dans les régions tropicales et subtropicales du monde entier, jusqu'à une altitude de 1 500 m. Pour une bonne production, l'arbre a besoin de beaucoup de soleil, des sols fertiles et bien drainés. Il est largement distribué à Madagascar.

Seuls les extraits fermentés (purins) combinent la stimulation et le renforcement des défenses immunitaires de la plante et ont, de plus, une action directe souvent répulsive (insectifuge) sur les insectes adultes. Le traitement pourra avoir un effet insecticide sur les insectes au stade juvénile (larves et œufs).

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Feuilles, racines/tiges, graines, fruits non mûrs.

Mode d'action : Insecticide, répulsif, fongicide, rodenticide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Bactrocera* spp., Chrysomèles, Noctuelles défoliatrices en général, *Thrips* spp. [217, 218].

Maladies : mildiou et oïdium en général [217, 218].

5.3.19 Ryania (*Ryania speciosa*)

Le ryana est un arbre d'une vingtaine de mètres de haut, originaire d'Amérique tropicale de la famille des Salicacées. Ses propriétés insecticides élevées sont comparables à celles de la nicotine. Il est absent de la flore de Madagascar.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Tiges, racines.

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, anti-appétant [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Diaphania* spp., foreurs du maïs en général, *Helicoverpa armigera*, *Plutella xylostella*, thrips des agrumes en général, *Tribolium castaneum* [217, 218].

5.3.20 Cévadille (*Schoenocaulon officinale*)

Encore appelé sabadilla, *S. officinale* est une plante à fleur originaire du Mexique appartenant à la famille des Mélanthiacées. Elle croît généralement sur les plaines et collines non boisées à 1 000 m d'altitude d'Amérique du Sud (Venezuela) et du Centre (Costa Rico). La plante est absente de Madagascar.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes :

Les parties ayant des propriétés insecticides sont principalement les épis avec des capsules aux graines immatures. Les composants toxiques sont aussi présents dans d'autres parties de la plante (racines, bulbes, tiges et feuilles).

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, répulsif, rodenticide [217, 218].

La cévadille, encore appelée sabadilla, est une espèce de plante à fleurs originaire du Mexique, d'Amérique centrale et du Venezuela. Il est hautement toxique et contient de la vératridine, de la cévadine et d'autres alcaloïdes. La cévadille est extrêmement toxique pour les abeilles. Son emploi est à éviter pendant le stade floraison. Par ailleurs, l'usage d'un équipement de protection des voies respiratoire (masque) est fortement recommandé lors des traitements.

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : chenilles défoliatrices des Crucifères, *Diaphania* spp., *Leptoglossus australis*, pucerons en général, sauteriaux en général, *Spodoptera* spp., thrips en général, *Trichoplusia ni* [217, 218].

5.3.21 Liane amère (*Tinospora crispa*)

Liane des forêts tropicales humides, *T. crispa* appartient à la famille botanique des Ménispermacées. Le genre *Tinospora* se développe dans les forêts indiennes, mais son aire de répartition s'étend jusqu'en Thaïlande, au Cambodge, aux Philippines, en Indo-Malaisie et dans le nord de l'Australie. Le genre est également retrouvé en Afrique. L'espèce est présente dans l'Océan Indien et à Madagascar. Leur toxicité est bien connue des Laotiens qui l'utilisent pour la pêche sauvage et comme plante médicinale.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Tiges entièrement développées, séchées ou fraîches.

Mode d'action : Systémique.

Insecticide, ovicide, inhibiteur de croissance, anti-appétant, rodenticide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Aphis fabae*, foreurs du riz en général, *Helicoverpa armigera*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera litura*, thrips du riz en général [217, 218].

5.3.22 Manipueira (*Manihot esculenta*)

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Tubercules.

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, nématicide.

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : *Coccus hesperidum*, *Meloidogyne* spp., *Pinnaspis aspidistrae*, *Toxoptera citricida* [74].

5.3.23 Tabac (*Nicotiana tabacum* ; *T. rustica* ; *T. glutinosa*)

La nicotine est le principe insecticide du tabac. Elle est toxique pour tous les animaux et pour l'homme. Certaines précautions doivent être prises lors de sa préparation, telles que la port du masque, des gants, l'interdiction de fumer pendant la préparation de la solution, mais aussi pendant l'application du traitement, ... Un délai

avant récolte (DAR) de 48 heures doit aussi être respecté. La nicotine agit de façon foudroyante sur un grand nombre d'insectes, ce qui la rend pratiquement indépendante des facteurs climatiques.

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Tiges et feuilles.

Mode d'action : Contact ; inhalation et ingestion.

Insecticide, répulsif, acaricide, fongicide [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Acariens tisserands, aleurodes, altises, chenilles, cochenilles, foreurs des tiges, mouches blanches, psylles, pucerons, thrips [217, 218].

Maladies : rouille du haricot, Leaf Curl Virus [217, 218].

5.3.24 Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Parties de plantes aux propriétés anti-insectes : Gourmands et feuilles.

Mode d'action : Contact et ingestion.

Insecticide, répulsif [217, 218].

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : Altises des Cucurbitacées, *Plutella xylostella*, pucerons en général [217, 218].

5.3.25 Urine de vache

Organismes nuisibles cibles :

Ravageurs : cochenille et autres insectes sur haricots verts, différentes Cucurbitacées, choux, épinards, tomates, gombo, ainsi que thrips et acariens [112, 113, 184]. Au Zimbabwe, de l'urine de vache et d'humain ont été utilisées avec efficacité contre pucerons, chenilles et acariens [120, 209, 214].

Maladies : Leaf Curl Virus sur piment et virus de la mosaïque sur tomates [217, 218].

6 Méthodes de lutte à tester à Boeny

6.1 Les pratiques culturales

Les associations et les rotations avec des cultures non sensibles sont les deux mesures à privilégier dans un premier temps car très facile à mettre en œuvre en milieu paysan et dont l'adoption par les petits producteurs peut se faire très aisément sur un pas de temps de deux ans.

Les travaux de désherbage des parcelles et des abords avant et après mis en place des cultures, afin de détruire les mauvaises herbes constituant potentiellement des réservoirs à virus/vecteurs, sont des mesures relativement faciles à mettre en œuvre s'ils sont bien compris par les agriculteurs. La destruction des résidus des cultures doit également être vulgarisée car elle est trop souvent négligée par les petits producteurs. Or c'est le principal facteur de recontaminations des cultures lorsqu'on ne pratique pas de rotations au niveau de l'exploitation.

Le ramassage des fruits et des végétaux infestés, et leur destruction ne sont pas dans les habitudes des petits producteurs maraîchers/arboriculteurs. Ces mesures sont relativement faciles à mettre en œuvre s'ils sont bien compris par les agriculteurs, mêmes pour ceux qui manquent de main d'œuvre. Or ce sont des sources d'inoculum non négligeables qu'il est nécessaire de retirer des parcelles et d'enfouir profondément ou de brûler. Cette pratique est à utiliser en vergers d'agrumes et de manguiers contre les mouches des fruits, mais également en maraîchage contre *Tuta absoluta* [71, 203]. La destruction par enfouissement profond et/ou brûlage des résidus de cultures, notamment en maraîchage, ne doit s'opérer qu'en cas de soupçons avérés de la présence sur le feuillage, de maladies virales et bactériennes pouvant constituer une source d'inoculum pour les cultures suivantes.

En arboriculture, la taille et l'élimination des organes (rameaux, branches et feuilles) trop infestés restent des mesures faciles à mettre en œuvre et qui peut diminuer significativement les populations de cochenilles en vergers de manguiers et d'agrumes. Par ailleurs, une taille régulière permet une meilleure circulation de l'air au sein du feuillage des arbres et évite les poches d'humidité favorisant le développement de certaines maladies fongiques (alternariose et chancre bactérien des agrumes, scab et cercosporiose de l'avocatier, chancre bactérien du manguier, cercosporiose et phomopsis du papayer).

La sélection rigoureuse de plantes saines et indemnes de symptômes, sur lesquelles seront prélevées les boutures de manioc est une pratique facile à mettre en œuvre en paysannat et permet de lutter efficacement contre le virus de mosaïque africaine du manioc [239].

Il en va de même en arboriculture et en maraîchage pour le contrôle sanitaire des plants et des greffons lors de leur implantation des pépinières vers les vergers ou les parcelles maraîchères.

L'utilisation de la technique du push-pull avec du *Desmodium intortum*, *D. uncinatum* ou de l'herbe à mélasse (push) et du *Pennisetum purpureum* ou du *Brachiaria spp.* (pull) est une technique relativement facile à mettre en œuvre en parcelles de démonstration ou champs écoles paysans pour lutter contre les foreurs du maïs et sorgho (*Spodoptera spp.*). Dans le cas des borers du genre *Chilo spp.*, on utilisera du *Canavalia ensiformis*, *Desmodium intortum* ou niébé (push) et la graminée *Erianthus arundinaceus* (pull) en bordure de parcelle [65].

L'implantation de plantes refuges attractives, accompagnée d'application d'appâts adulticides s'est avérée efficace dans la lutte contre certains ravageurs d'importance économique à l'île de La Réunion et aux Comores [82, 83, 176]. Cette méthode de lutte contre les mouches des fruits de Cucurbitacées, *Dacus ciliatus* et *D. demmerezi*, est basée sur le principe « Lure & Kill ». Il s'agit de concentrer les mouches dans une partie précise de l'agro-système, sur des plantes pièges, où elles peuvent être facilement gérées. Pour cela, on dispose des rangs de maïs tout autour des parcelles de Cucurbitacées. Le maïs a en effet, un pouvoir attractif très fort sur les mâles et femelles de mouches des fruits. Une fois attirées en masse sur les feuilles de maïs, l'application d'un appât alimentaire hautement sélectif à base de protéines liquéfiées et d'une matière active insecticide homologuée en AB, le spinosad (produit commercial : Synéis Appât®) est réalisée en petites taches, espacées tous les 10 mètres, le long de la bordure de maïs. Pour être efficace, cette méthode doit être réalisée à une très grande échelle (bassin de production, communes,...) et être associée à d'autres méthodes de lutte prophylactique et biologique (ramassage des fruits infestés, lâchers d'Hyménoptères parasitoïdes,...). L'utilisation en milieu paysan du Synéis Appât® en Côte d'Ivoire et au Mali pour lutter contre *B. dorsalis* en vergers de manguier a été largement adoptée par les petits producteurs de mangues destinées à l'exportation [227, 228]. Le coût de lutte a été pris en compte par l'ensemble de la filière mangue. Bien qu'attrayante, cette méthode ne sera pas préconisée dans la Région Boeny, car aucune filière fruitière n'est destinée à l'exportation.

L'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes (céréales et maraîchage) est plus difficile à mettre en œuvre car elles nécessitent leur disponibilité sur le territoire au niveau des centres de recherche [73, 89, 180, 185, 204, 239]. Par ailleurs, elles peuvent ne pas être adaptées à la diversité pédologique des zones d'intervention et aux habitudes alimentaires de la région concernée.

L'utilisation de moustiquaires ou de filets insect-proof en culture maraîchère a déjà été testée par des projets à Madagascar (exp. : AVSF dans le projet ASARA) avec plus ou moins de succès. Les filets anti-insectes se présentent généralement sous la forme de voiles textiles, dont le grammage, l'ouverture de la maille et la largeur varient en fonction de la culture à protéger et du ravageur ciblé. Cette technique nécessite un apport financier pour l'acquisition du matériel dont ne dispose pas toujours le paysan. Les filets sont relativement plus complexes à utiliser que les pesticides car des protocoles de manipulation et de planning sont nécessaires. Un temps de vulgarisation et d'accompagnement est nécessaire pour une bonne appropriation de la technique par les agriculteurs. En effet, les pucerons sur chou, peuvent passer à travers les mailles de certains types de filet et peuvent très vite proliférer en toute quiétude, si le producteur ne permet pas l'ouverture occasionnelle des filets pendant la journée 2 à 3 fois par semaine pour permettre aux insectes utiles de visiter la culture et parasiter les ravageurs présents tout en interdisant la pénétration des ravageurs nocturnes (*Plutella xylostella*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera spp.*).

Même si cela est coûteux en temps, les filets, réutilisables plusieurs fois pendant 3 à 5 ans, permettent de bien protéger les pépinières, de réduire le nombre de traitements chimiques (70 à 100 %), d'augmenter la production en quantité mais aussi en qualité. Au Bénin et au Kenya, les filets ont permis de réduire de 70 % le nombre de traitements insecticides sur chou par rapport à la pratique habituelle des petits producteurs dont la majorité des

traitements chimiques ciblent les chenilles de Lépidoptères. Les marges nettes au Bénin ont été 5 fois plus élevées avec les filets qu'avec le maintien des pratiques courantes. Toutefois, cette technique est rentable pour les exploitations familiales, mais difficile à pratiquer pour les productions à grande échelle, surtout sans main-d'œuvre. Des études récentes effectuées par une équipe pluridisciplinaire a montré que le manque d'appui technique et les compétences ainsi qu'un accès limité au financement des investissements sont des obstacles majeurs à l'adoption de techniques de culture sous filets par les petits exploitants [158]. Au regard de toutes ces contraintes, nous ne recommandons pas l'utilisation de cette technique dans la Boeny.

L'implantation de haies-vives composites et/ou fleuries en verger pour favoriser l'installation et l'hébergement des auxiliaires des cultures (parasitoïdes, prédateurs et pollinisateurs) est une technique facile à mettre en œuvre [82, 83, 84]. Toutefois, le projet doit s'assurer, avant la diffusion de cette pratique, de la problématique du foncier dans les zones d'intervention (dans le cas d'utilisation d'espèces pérennes) et du choix des essences à mettre en place en fonction du type de verger et des ravageurs préoccupants. Des tests devront être mené préalablement en conditions contrôlées afin de s'assurer que les plantes qu'on introduit dans le système de culture n'hébergeraient pas des ravageurs potentiellement dommageables aux fruitiers en place.

6.2 Les extraits naturels à base de plantes insecticides

Un certain nombre de plantes ayant des propriétés insecticides existe à Madagascar. L'utilisation de ces plantes pesticides (toute plante dont les propriétés chimiques peuvent être exploitées pour lutter contre les organismes considérés comme nuisibles) sont susceptibles de réduire significativement la pression des bioagresseurs et le besoin en pesticides de synthèse.

De nombreuses plantes sont connues à travers le monde et utilisées par les petits producteurs pour leurs activités biocides (toxique, répulsive, anti-appétant) vis-à-vis d'une large gamme de bioagresseurs des cultures. Divers organes des plantes pesticides sont utilisés pour la préparation des extraits. Ces derniers peuvent être des extraits aqueux ou organiques, des huiles obtenues par pression/broyage ou des huiles essentielles obtenues le plus souvent par hydrodistillation.

Avant toute diffusion de l'utilisation de produits à base d'extraits naturels de plantes insecticides, il est important de s'assurer qu'elles soient bien présentes dans le milieu de l'intervention des projets/programmes, disponibles en quantité et ne faisant pas l'objet de tabous ou d'interdits socio-culturels.

Nous recommandons donc au projet de vulgariser dans un premier temps les préparations insecticides/fongicides à base d'extraits naturels de végétaux faciles d'accès (présent en quantité dans la région de la Boeny), ne présentant de *fady* locales, et ayant les plus larges cibles de bioagresseurs. Parmi celles-ci, nombreuses sont déjà largement utilisées par les paysans malgaches. Nous en donnons la liste ci-dessous de celles qui nous paraissent le plus intéressant à tester car elles présentent un effet insectifuge (la plupart des plantes à forte odeur) mais également et surtout une action insecticide avéré :

- **Tabac**, car la zone est productrice de tabac (région de Manpikony). En effet, en marge des grandes plantations de la SOCTAM, il existe dans la région une multitude de petits producteurs de tabac. Il n'y aurait donc pas de soucis majeurs d'approvisionnement en feuilles de tabac pour les préparations locales de biopesticides.
- **Piment, papaye, manioc, gingembre, basilic, tomate et ail**, car disponibles sur tout le territoire national. Ce sont des produits maraîchers et vivriers que l'on retrouve sur tous les petits marchés. Ils peuvent par ailleurs être cultivés sans trop de difficulté par les petits producteurs, si les semences de qualité sont disponibles.
- **Neem**, car il a été introduit dans le pays « Sakalava » depuis fort longtemps (vers 1944 selon certaines sources bibliographiques). Les zones sud-ouest, ouest et nord-ouest remplissent les conditions nécessaires, tant au point de vue climatique d'édaphique, pour la croissance et le développement du neem. Par ailleurs, certains auteurs ont montré qu'un arbre adulte peut produire entre 30 et 50 kg de fruits par an. C'est donc un produit disponible et relativement facile d'accès.
- **Annone**, car ce sont des arbustes spontanés bien adaptés dans le milieu naturel de la zone du nord-ouest de Madagascar. Il devrait se retrouver en relative abondance dans la Boeny. Par ailleurs, sa culture est relativement aisée, car peut être réaliser à partir de graines récoltées dans la nature. Le semis se fait en pépinière sur sol léger, fertile, bien drainé, et à l'abri du vent.

- **Gliricidia**, car il pousse bien dans les zones humides et subhumides avec une pluviométrie annuelle de 900 à 1 500 mm et une température de 20 à 29°C. Cette espèce est par ailleurs largement utilisée dans des projets/programmes de lutte contre l'érosion des sols et/ou de restauration de la fertilité des sols. Il serait donc facile de se procurer des plants auprès des services de la DIREDD de la Boeny pour une large diffusion en milieu paysan.
- **Tephrosia**, car cette espèce a été introduite depuis plus d'un siècle dans les Mascareignes et Madagascar comme culture améliorante des jachères de canne à sucre. Il devrait pouvoir se retrouver dans la nature de manière spontanée sur la côte ouest et est de Madagascar. Elle est également utilisée sur les Hauts-Plateaux comme engrais vert et plantes de couverture. C'est une plante améliorante de très grande valeur pour les sols pauvres.

Les « recettes » de la préparation de ces produits à base d'extraits naturels sont décrites en annexe. Nous invitons les lecteurs à s'y référer pour plus d'informations pratiques.

6.3 Les produits entomopathogènes

Le FOFIFA a expérimenté et homologué l'utilisation de champignons entomopathogènes dans la lutte anti-acridienne contre criquet migrateur, *Locusta migratoria capito*. Suite aux différents essais menés en laboratoire et au champ entre 2003 - 2012, une souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Isolât SP9 a été isolée.

La souche IMI 330 189 (Green Muscle®) et SP9 sur les larves de 3^{ème} stade de criquet ont montré des similitudes en termes d'efficacité. En effet, après 15 jours de traitement les deux souches ont affiché le même taux de mortalité sur les larves de 3^{ème} stade en laboratoire. Au champ, après sept jours de traitement les deux souches ont provoqué la même réduction de la densité larvaire. Les chercheurs du FOFIFA ont observé une réduction de 94% de la population larvaire dans les parcelles traitées après 15 jours de traitement avec le SP9.

Des travaux menés par le FOFIFA de 1993 à 2001 ont montré que le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* (souche « CALA ») était efficace sur *Heteronychus spp.* en riziculture pluviale dans la région du Lac Alaotra. Ils ont montré que le mode de gestion des sols (semis direct sur couverture végétale ou labour) avait une influence sur l'abondance et l'effet du *Metarhizium anisopliae* sur *Heteronychus spp.*, avec une meilleure efficacité du champignon en SCV. Et que par ailleurs, les larves âgées du deuxième et troisième stade d'*Heteronychus plebejus* constituaient l'hôte favorable au développement du champignon entomopathogène utilisé, avec 17 et 18 individus de larves dans le témoin contre 1 à 2 individus avec traitement. Les traitements à base de *Metarhizium anisopliae* se font à la dose recommandée de 3,36 x 10¹² spores/ha dans des raies de 10 cm de profondeurs immédiatement rebouchées après application. Spécifique à *Heteronychus sp.* et, aussi efficace en laboratoire qu'au champ, il est toutefois recommandé de pulvériser *M. anisopliae* une année avant le semis afin que le champignon puisse s'acclimater à l'environnement parcellaire. En effet, ce biopesticide ne possède pas d'effet choc comme peuvent l'avoir les pesticides de synthèse.

6.4 Les produits bioinsecticides

L'usage des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle homologués et commercialisés à Madagascar seront recommandés dans les itinéraires techniques après une étude économique permettant d'évaluer le coût à l'hectare de chaque spécialité commerciale.

Tableau 14 : Liste des produits bioinsecticides

Produit commercial	Substance active	Usage		Dose homologuée	Firmes distributrices
		bioagresseur	culture		
NEEM SER®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i>	chou de Chine	250 ml/ha	ArBiochem
TRIAC®	pyréthre	<i>Plutella xylostella</i> <i>Bemisia tabaci</i> <i>Aphis spp.</i>	chou de Chine Crucifères	0,25 l/ha	ArBiochem

Produit commercial	Substance active	Usage		Dose homologuée	Firmes distributrices
		bioagresseur	culture		
		<i>Thrips</i>			
EAU DE NEEM®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i> <i>Aphis sp</i>	Brocoli Petit pois	0,5 litre/10 l d'eau pour traiter 10 ares	Insecticide naturel
ARENE®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Plutella xylostella</i>	brocoli	1 l/ha	Agrivet
HELITEC®	nucléopolyhedrosis virus	<i>Helicoverpa armigera</i> <i>Cryptophlebia leucotreta</i> <i>Spodoptera littoralis</i>	coton, maïs et cultures légumières	coton (0,33 l/ha) légumes (0,5 l/ha)	Prochimad
MICROTHIOL SPECIAL®	soufre micro-nisé	oïdium	vigne et cultures légumières	2 kg/ha	Prochimad
ESSEM®	soufre sublimé	oïdium acariens	courgette	6 kg/ha	Agricom
PARAGRI 45®	thymol + lemon + niaouli	<i>Spodoptera frugiperda</i>	maïs	?	Aromathera
HETE-RENOCIDE®	<i>Azadirachtine indica</i>	<i>Heteronychus spp.</i>	riz, maïs, haricot	3 l/ha	Biozen Sarl.
APIGUARD®	thymol	<i>Varroa destructor</i>		2 applications successives de 50 g de gel par colonie à 2 semaines d'intervalle	Titely
THYMOVAR®	thymol	<i>Varroa destructor</i>		2 plaquettes/ruche	Biovet
GREEN MUSCLE®	<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	<i>Locusta migratoria capito</i> <i>Nomadacris septemfasciata</i>	toutes cultures	100 g m.a./ha	Prochimad
PARALEPIDIP-TUS®	cineole + alfa-terpineol	<i>Neoceratitis cyanescens</i> <i>Agrotis segetum</i>	tomate	1 piège/100m²	Biozen Sarl.
BIOPIQ®	matrine	<i>Aphis spp.</i>	brède	1 l/ha	Agricom

7 Plan d'action pour la région Boeny

Calendrier de mise en œuvre des activités du Plan d'action de lutte biologique

→ Amélioration des connaissances des ennemis des cultures et des méthodes de lutte.

- Formations des techniciens des STD et ONG sur la reconnaissance des ennemis des cultures et les méthodes de lutte alternative ;
- Élaboration de supports pour la diffusion des connaissances sur les ennemis des culture et diffusion des supports ;
- Identification des bioagresseurs sur une campagne agricole (culture maraichères) ;
- Identification des bioagresseurs sur une année (Grandes cultures) ;
- Activités de recherche participative sur les techniques d'*ady gasy*.

Activités		2021		2022						2023						2024	2025	Acteurs																								
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			Région	DPV	Services techniques (DRAE, DREDD, Qd)	Organismes de recherche	Organismes de formation	Secteur privé	Patronime	Projets	ONG	Associations De Experts			
1	Amélioration des connaissances et lutte, sur les ennemis des cultures et maladies																																									
	1.1. Formations des techniciens des STD et ONG sur les méthodes et généralités sur la lutte bio, et la reconnaissance des ennemis des cultures				X	X	X	X																																X		
	1.2. Elaboration de support pour la diffusion des connaissances sur les ennemis des culture et maladies et diffusion des ces supports				X	X										X	X												X		DRAE		FOFIFA								X	
	1.3. Identification des bioagresseurs sur une campagne agricole (Cultures maraichères)				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X		SPV		ESSA, Faculté des sciences, FOFIFA	Univ ersité de MJG ?								
	1.4. Identification des bioagresseurs sur une année (Grandes cultures)				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														ESSA, Faculté des sciences, FOFIFA	Univ ersité de MJG ?							
	1.5. Activités de recherche participative sur les techniques de Ady Gasy				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														FOFIFA, CIRAD							CEFF EL, GSD M	

→ Utilisation raisonnée des produits phytosanitaires à risque sanitaire élevé dans les zones d'agriculture conventionnelle.

- Appui à la mise aux normes des points de vente permanents et existants actuellement ayant un agrément avec le MIN/DPV :

- Évaluation des écarts entre la réglementation et la pratique chez les revendeurs de produits phytosanitaires.
- Détermination avec les gérants les activités de mise aux normes, le planning d'exécution et le coût y afférent.
- Mise en place d'un dispositif de suivi-évaluation des activités de mise aux normes au niveau des revendeurs.
- Réactualisation des activités de mise aux normes selon les résultats du suivi-évaluation.

- **Sensibilisation sur les risques sanitaires liés à l'utilisation abusive des produits phytosanitaires :**

- Discussion avec les élus communaux de la stratégie et du plan de sensibilisation.
- Élaboration et validation des outils de sensibilisation.
- Diffusion ou partage des outils de sensibilisation.

[illegible]

→ Amélioration du service de contrôle dans le domaine de protection des végétaux.

- **Mise en place d'un service des brigadiers phytosanitaires dans les zones prioritaires de chaque projet respectif à Boeny :**
 - Identification et validation des zones d'intervention prioritaires (zones cibles).
 - Organisation des sessions de formation et de recyclage des brigadiers phytosanitaires.
 - Mise en relation des brigadiers phytosanitaires avec les revendeurs de produits phytosanitaires et les OP.
- **Mise en transparence de la délivrance des agréments et leur publication au niveau communal et régional :**
 - Mobilisation des OSC actives dans le domaine de la lutte contre l'usage abusif de produits phytosanitaires.
 - Collaboration du comité délivrant l'agrément avec ces OSC pour appliquer la transparence de la délivrance d'agrément et leur publication.

[illegible]

→ Conduite d'activités de recherche participative sur les moyens de lutte alternative.

- Activités de recherche participative sur les techniques Push-Pull ;
- Activités de recherche participative sur les association et rotations de cultures ;
- Activités de recherche participative sur l'utilisation *i)* d'extraits naturels à base de plantes insecticide, *ii)* de produits phytopharmaceutiques de biocontrôle homologués ;
- Activité de recherche sur l'utilisation d'entomopathogènes à base de virus, champignons (*Metarhizium*, *Beauveria*,...) et bactéries en vue de leur homologation.

Activités		2021	2022												2023												2024	2025	Acteurs														
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			Région	DPV	Services techniques (DRAE, DREDD, CC)	Organismes de recherche	Organismes de formation	Secteur privé	Plateforme	Projets	ONG	Associations	OP Experts			
4	Conduite d'activités de recherche participative sur les moyens de lutte biologique																																										
	4.1. Activités de recherche participative sur les techniques Push Pull																																										ONG part de ProSol
	4.2. Activités de recherche participative sur les techniques d'association de cultures, rotations			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													ONG part de ProSol	
	4.3. Activités de recherche participative sur l'utilisation de produit de lutte bio homologués (PARAGRI 45)			X	X	X	X	X																																		ONG part de ProSol	
	4.4. Activité de recherche sur l'utilisation d'entomopathogènes, virus, champignons (metarhizium, beauveria...), bactéries en vue de leur homologation																																										

- Mise en place des parcelles de démonstrations ou champs école paysans (CEP) ;
- Formation de paysans relais sur les moyens de lutte alternative contre les ennemis des cultures à Boeny ;
- Élaboration de support de diffusion et outil de sensibilisation sur les techniques de lutte alternative ;
- Appui à la diffusion des techniques par le réseau des paysans relais.

51

→ Facilitation de l'accessibilité des produits de lutte alternative de fabrication locale.

- Étude technico-économique sur les possibilités de production et commercialisation de produits de fabrication locale ;
- Appui aux paysans ou opérateurs pour la production et commercialisation de produits de fabrication locale ;

→ Élaboration d'une stratégie régionale de lutte intégrée contre *Spodoptera frugiperda* (CLA).

Activités		2021	2022												2023												2024	2025	Acteurs																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			Région	DPV	Services techniques (OPAE, DREDD, CCI)	Organismes de recherche	Organismes de formation	Secteur privé	Plateforme	Projets	ONG	Associations OP Experts																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
8	Facilitation de l'accessibilité à des produits de lutte contre les ennemis de culture biologique de fabrication locale																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	8.1. Etude technico-économique sur les possibilités de production et commercialisation de produits de fabrication locale																	X	X																							X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	8.2. Appui à des paysans ou opérateurs pour la production et commercialisation de produits de fabrication locale																					X	X	X	X	X		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Le compte-rendu de l'atelier de restitution de la mise en œuvre des différentes activités du plan d'action de lutte biologique dans la Boeny est donné en annexe du document.

8 Bibliographie

- (1) Abate T. (1991) : The bean fly, *Ophiomyia phaseoli* (Tryon) (Diptera : Agromyzidae) and its parasitoids in Ethiopia. *Journal of Applied Entomology*, 111 : 278-285.
- (2) ACTA (2021) : Index phytosanitaire, 57^{ème} édition. ACTA édition, Paris, France, 1068 pages.
- (3) Adhikari K. ; Bhandari S. ; Niraula D. & Shrestha J. (2020) : Use of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as a biopesticide in agriculture : *Journal of Agriculture and Applied Biology*, 1 (2) : 100 – 117.
- (4) Ajene I. J. ; Khamis F. ; Ballo S. ; Pietersen G. ; van Asch B. ; Seid N. ; Azerefegne F. ; Ekesi S. & Mohamed S. (2020) : Detection of asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Ethiopia : A New Haplotype and its Implication to the Proliferation of Huanglongbing. *Journal of Economic Entomology*, 113 (4) : 1640-1647.
- (5) Amoabeng B. W. ; Gurr G. M. ; Gitau C. W. & Stevenson P. C. (2014) : Cost : benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage : Implications for smallholder farmers in developing countries. *Crop Protection*, 57 : 71-76.
- (6) Ampofo, J. K. O. & Massomo, S. M. (1998) : Some Cultural Strategies for Management of Bean Stem Maggots (Diptera : Agromyzidae) on Beans in Tanzania. *African Crop Science Journal*, 6 : 351-356.
- (7) Amrouche N. & Djaadi H. (2020) : Test biocide de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* (patch). Master en Sciences Biologiques, Faculté de Science de la Nature et de la Vie, Université de Saad Dahleb Blida, Algérie, 50 pages.
- (8) Andriamanntena Z. (2016) : Efficacité du vinaigre de cidre pour contrôler les mouches de fruits, Tephritidae. Mémoire de Master II. ESSA, Université d'Antananarivo, 39 pages + annexes.
- (9) Anonyme (2020) : Plan intégré de gestion des pestes et des pesticides. Projet MIONJO. Ministère de l'Intérieur et de la décentralisation. 121 pages.
- (10) Anonyme (2021) : Plan intégré de gestion des pestes et des pesticides. Projet Pôles intégrés de croissance et corridors 3. Ministère de l'Agriculture. 122 pages.
- (11) Ansari, A. R. & Ghimire N. H. (2008) : Management of chickpea pod borer, *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) in chickpea. In 27th Nepal Winter Crops Workshop NARI Hall, Khumaltar, Lalitpur from 10-12 September 2008.
- (12) Appert J. (1964) : Les chenilles mineuses des céréales en Afrique tropicale. *L'Agronomie Tropicale*, 19 : 60-74.
- (13) Appert J. (1967) : Les insectes nuisibles aux cultures de Madagascar. Bulletin Agronomique n°22. IRAT
- (14) Appert J. (1967) : Notes techniques sur les insectes nuisibles aux cultures Malagasy : I Lépidoptères. *L'Agronomie Tropicale*, 22 : 153-230.
- (15) Appert J. (1970) : Insects harmful to maize in Africa and Madagascar. Madagascar Institute of Agronomie Research, Doc. N°223, 71 pages.
- (16) Appert J. (1971) : Les lépidoptères foreurs des graminées à Madagascar, aux Comores et aux Mascareignes. *L'Agronomie Tropicale*, 26 : 500-508.
- (17) Appert J. (1972) : Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches. IRAM, Tananarive, Doc. n°348. 125 pages.
- (18) Appert J. (1973) : Entomofaune parasite des foreurs des graminées à Madagascar. *Entomophaga*, 18 : 77-94.
- (19) Appert J. & Deuze J. (1988) : Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères. Collection *Le Technicien d'Agriculture Tropical*. Eds. Maisonneuve & Larose, Paris. 261 pages.
- (20) Arodokoun D. Y. (1996) : Importance des plantes-hôtes alternatives et des ennemis naturels indigènes dans le contrôle biologique de *Maruca testutalis* Geyer (Lepidoptera, Pyralidae), ravageur de *Vigna unguiculata* Walp. PhD thesis. Québec, Canada: Université Laval, 182 ages.

- (21) Arodokoun D. Y.; Tamò M. ; Cloutier C. & Brodeur J. (2006) : Larval parasitoids occurring on *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) in Benin, West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113 (1/4) : 320-325.
- (22) Asante S. K. ; Jackai L. E. & Tamo, M. (2000) : Efficiency of *Gryon fulviventris* (Hymenoptera) : Scelionidae as an egg parasitoid of *Clavigralla tomentosicollis* (Hemiptera) : Coreidae in northern Nigeria. *Environmental of Entomology*, 29 (4) : 815-821.
- (23) Aswal J.S. ; Kumar J & Shah B. (2010) : Evaluation of biopesticides and plant products against rice stem borer and leaf folder. *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 5 (1) : 59-61.
- (24) Attia S. ; Grissa K. L. ; Ghrabi-Gammar Z. ; Maillieux A. C. ; Lognay G. ; Le Goff G. & Hance T. (2011) : Contrôle de *Tetranychus urticae* par les extraits de plantes en vergers d'agrumes. *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology*, 63 (4) : 229-235.
- (25) Aubert B. (1987) : *Trioza erytrae* (Del Guercio) and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera), the two citrus Psyllidae vectors of the greening disease. Possible strategies of control, *Fruits* 42 (3) : 149-162.
- (26) Aubert B. & Quilici S. (1988) : Monitoring adult psyllas on yellow traps in Reunion Island. In : Timmer L.W., Garnsey S.M., Navarro L. (Eds), Proc. 10th Conf. Int. Org. Citrus Virol., IOCV, Riverside, USA, 249-254.
- (27) AVSF (2020) : Guide formation : L'agroécologie pour sortir des pesticides – Réduire l'utilisation et le risque des pesticides et produits vétérinaires par des pratiques alternatives viables. AVSF-AFD, 186 pages.
- (28) Azonkpin S. ; Djihinto C. A. ; Chougourou D. C. ; Aouco A. ; Akpo A. A. & Soumanou M. M. (2020) : Efficacité du Top Bio et de l'huile de *Thevetia* contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. *European Journal of Scientific Research*, 158 (2) : 77-93.
- (29) Ba M. N. Dabiré C. B. Drabo I. Sanon A. & Tamo M. (2008) : Combinaison de la résistance variétale et d'insecticides à base de Neem pour contrôler les principaux insectes ravageurs du niébé dans la région centrale du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie*, 30 (1) : 115-121.
- (30) Ba N. M. ; Margam V. M. ; Binso-Dabire C. L. ; Sanon A. ; McNeil J. N. ; Murdock L. L. & Pittendrigh B. R. (2009) : Seasonal and regional distribution of the cowpea pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae) in Burkina Faso. *International Journal of Tropical Insect Science*, 29 (3) :109-113.
- (31) Bahar H. ; Islam A. ; Mannan A. & Uddin J. (2007) : Effectiveness of some botanical extracts on bean aphids attacking yard-long beans. *Journal of Entomology*, 4 (2) : 136-142.
- (32) Barrion A. T. ; Bandong J. P. ; de la Cruz C. G. ; Apostol R. F. & Litsinger J.A. (1987): Natural enemies of the bean pod borer *Maruca testulalis* in the Philippines. *Tropical Grain Legume Bulletin*, No. 34 : 21-22.
- (33) Bateman M.A. (1972) : The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 17 : 493-518.
- (34) Ben Issa R. & Gomez L. ; Gautier H. (2017) : Companion Plants for Aphid Pest Management. *Insects*, 8 (4) : 112-131.
- (35) Benchouikh A. ; Allam T. ; Kribii A. & Ounine K. (2016) : L'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* L. contre les larves de *Tuta absoluta*. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 20 (1) : 188-194.
- (36) Bertin Y. ; Didier C. ; Ducelier D. ; Grisoni M. ; Pruvost O. & Quilici S. (1993) : La culture des agrumes à l'île de la Réunion. CIRAD-FLHOR, 102 pages.
- (37) Betbeder-Matibet M. (1971) : La lutte biologique contre *Chilo sacchariphagus* le « borer ponctué » de la canne à sucre à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale* 26 (3) : 332-336.
- (38) Betbeder-Matibet M. (1977) : Activités du laboratoire central d'entomologie de l'IRAT en matière de foreurs des graminées. Bilan et objectifs. Réunion sur les foreurs des graminées, Bouaké, Côte d'Ivoire, 8 – 11 Novembre 1977, 1-12.
- (39) Betbeder-Matibet M. (1989) : Biological control of sorghum stem borers. In : International Workshop on Sorghum Stem Borers, India, 17-20 November 1987. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, India, 89-94.

- (40) Betbeder-Matibet M. (1989) : Insectes nuisibles aux cultures vivrières d'Afrique, de Madagascar et des Mascareignes. Document CIRAD-CA. 122 pages.
- (41) Bézanger-Beauquesne L. (1955) : Contribution des plantes à la défense de leurs semblables. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 102 (9) : 548-575.
- (42) Bissdorf J.K. (2008) : How to Grow Crops without Endosulfan – Field Guide to Non-chemical Pest Management, (Eds : Carina Webber), *Pesticide Action Network*, Hamburg, Germany :71 pages.
- (43) Bitouche A. (2015) : Étude de l'effet biocide de trois extraits végétaux : la coriandre (*Coriandrum sativum*), le persil (*Petroselinum crispum*) et le céleri (*Apium graveolens*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera : Aphididae). Mémoire de Master en Sciences agronomique, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 61 pages.
- (44) Boomathi N. ; Sivasubramanian,P. & Raguraman S. (2006) : Biological activities of cow excreta with neem seed kernel extract against *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Annals of Plant Protection Sciences*,14 : 11-16.
- (45) Bordat D. (1980) : *Sesamia calamistis* Hpms. Une technique pratique d'élevage de masse sur milieu artificiel. *L'Agronomie Tropicale*, 35 (1) : 35-45.
- (46) Borah B.K. & Sarma K.K. (2004) : Record of parasitoids of legume pod borer *Maruca testulalis* (Geyer). *Assam. Insect Environment*, 10 (2) : 77-78.
- (47) Bournier J.P. & Peyrelongue J. (1974) : Résistance à l'endrine d'*Earias insulana* (Boisd.) et *E. biplaga* (Wlk.), Lépidoptères Noctuidés, à Madagascar. *Cot. Fib. Trop.*, vol. XXIX, fasc. 3 : 353-357.
- (48) Brailovsky Alperowitz H. (2011) : Insecta, Hemiptera, Heteroptera, Coreidae. Collection Faune de Madagascar n°94, Eds. IRD-Quae. 275 pages.
- (49) Bratu E. ; Petcuci A. M. & Sovarel G. (2015) : Efficacy of the product spinosad an insecticide used in the control of tomato leafminer (*Tuta absoluta* – Meyrick, 1917). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 72 (1) : 209-210.
- (50) Brenière I. (1959) : Les insectes nuisibles au tabac à Madagascar. IRAM – Service de recherches appliquées à la protection des végétaux. Bulletin n°3. 47 pages.
- (51) Brenière I. (1965) : Liste des parasites et prédateurs des principaux insectes nuisibles aux cultures de Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, (20) : 344-349.
- (52) Brenière I. (1966) : Dix années de recherches sur les ennemis du riz en Afrique francophone et à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, (4) : 514-519.
- (53) Brenière I. ; Rodriguez H. & Ranaisova H. (1962) : Un ennemi du riz à Madagascar, *Maliarpha separatella* Rag. ou borer blanc. *L'Agronomie Tropicale*, (17) : 223-302.
- (54) Brenière I. & Dubois J. (1965) : Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches. IRAM – Division d'entomologie agricole, Document n°43. 156 pages.
- (55) Brenière I. ; Pfeffer P. ; Betbeder-Matibet M. & Etienne J. (1966) : Tentative d'introduction à Madagascar et à l'île de la Réunion de *Diatraeophaga striatalis* parasite de *Proceras sacchariphagus* – borer ponctué de la canne à sucre. *Entomophaga*, 11 : 231-238.
- (56) Brenière I. ; Bordat D. ; Vercambre B. ; Hamza H. & Renard M. (1985) : Biological control operation against maize borer *Chilo partellus* (Swinhoe), Lepidoptera, in the island Ngazidga. *L'Agronomie Tropicale*, (40) : 157-166.
- (57) Brotodjojo R. R. & Arbiwati D. (2016) : Effect of application of granular organic fertilizer enriched with boiler ash and neem leaves powder on plant resistance against insect pests. *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinformatics*, 6 (4) : 152-157.
- (58) CAB International : www.cabi.org/cpc.
- (59) Cachan P. (1952) : Pyrrhocoridae de Madagascar. Mémoire de l'Institut scientifique de Madagascar. Série E, Tome 1, Fasc. 1 : 71-92.

- (60) Calatayud P-A. ; Le Ru B. P. ; Schulthess F. & Silvain J-F. (2006) : Les recherches sur les Lépidoptères foreurs des graminées et leurs antagonistes : bilan et perspectives. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 42 (3-4) : 259-262.
- (61) Calatayud P-A. ; Le Ru B. P. ; van den Berg J. & Schulthess F. (2014) : Ecology of the African Maize Stalk Borer, *Busseola fusca* (Lepidoptera : Noctuidae) with Special Reference to Insect-Plant Interactions. *Insects*, 5 : 539-563.
- (62) Chantaraprapha N. & Litsinger J.A. (1986) : Predators of rice caseworm. *International Rice Research Newsletter*, 11 (5) : 30-31.
- (63) Chazeau J. (1971) : Le genre *Stethorus* Weise (Coléoptères : Coccinellidae) à Madagascar et aux Mascareignes. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 7 (4) : 779-796.
- (64) Cochereau P. (1982) : Populations et niveaux de dégâts d'*Eldana saccharina* sur deux complexes sucriers de Côte d'Ivoire. Eds ORSTOM, 37 pages.
- (65) Cook S. M. ; Khan Z. R. & Pickett J. A. (2007) : The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management. *Annual Review of Entomology*, 52 (1) : 375-400.
- (66) COLEACP (2009) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour le concombre, la courgette et les autres Cucurbitacées. Programme PIP, 81 pages.
- (67) COLEACP (2009) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la culture des aubergines. Programme PIP, 54 pages.
- (68) COLEACP (2011) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la production de manioc. Programme PIP, 40 pages.
- (69) COLEACP (2011) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la patate douce. Programme PIP, 56 pages.
- (70) COLEACP (2011) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la culture des piments et poivrons. Programme PIP, 86 pages.
- (71) COLEACP (2013) : Guide de bonnes pratiques phytosanitaires - *Tuta absoluta*, un ravageur invasif des cultures maraîchères pour l'Afrique sub-saharienne. Programme PIP, 14 pages.
- (72) Cours G. (1951) : Le manioc à Madagascar. *Mémoire de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série Biologie Végétale*, 3 : 203-216.
- (73) CSAN Niger (2017) : La mouche blanche du tabac (*Bemisia tabaci*) : un petit insecte résistant aux pesticides et vecteur d'une centaine de virus dévastateurs qui menace la production de la tomate au Niger. *Vegnote*, Vol. 2 : 1-6.
- (74) Da Ponte J. (1993) : *Manipueira* : devrait-on l'ignorer ? Bulletin d'information MANIOC, Vol. 17, n°1 : 8-10.
- (75) Dabiré C. L. ; Kini F. ; Ba N. M. Dabiré R. & Fouabi K. (2005) : Effet du stade de développement des gousses de niébé sur la biologie de la punaise suceuse *Clavigralla tomentosicollis* (Hemiptera: Coreidae). *Int. J. Trop. Insect. Sci.*, 25 : 25-31.
- (76) Dabiré C. L. (2001) : Étude de quelques paramètres biologiques et écologiques de *Clavigralla tomentosicollis* STAL., (Hemiptera : Coreidae) punaises suceuses des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.)) dans une perspective de lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse de doctorat d'État, Université de Cocody, Cocody, 179 pages.
- (77) Dadant R. ; Rasolofo & Baudin P. (1960) : Liste des maladies des plantes cultivées à Madagascar. ORSTOM/IRAM - Division pathologie végétale, 94 pages.
- (78) Danciewicz K. & Gabryś B. (2008) : Effect of extracts of garlic (*Allium sativum* L.), wormwood (*Artemisia absinthium* L.) and tansy (*Tanacetum vulgare* L.) on the behaviour of the peach potato aphid *Myzus persicae* (Sulz.) during the settling on plants. *Pestycydy/Pesticides* : 93-99.
- (79) Dauthuille D. & Silvain J. F. (1984) : Étude Préliminaire à l'utilisation de deux Baculovirus dans la Lutte contre *Spodoptera frugiperda* en prairie guyanaise à *Digitaria swazilandensis*. In : Proceedings of the 20th Annual Meeting, St Croix – US Virgin Islands – 21-26 oct. 1984. Caribbean Food Crops Society, Vol. XX : 88-92.

- (80) DeBach P. (1964) : Biological control of insect pest & weeds. Eds. Chapman & Hall, London, 844 pages.
- (81) Deboin M-C. (1986) : Enquête sur les maladies des végétaux à Madagascar. IRAT, Montpellier, 40 pages.
- (82) Deguine J.-P. ; Duffourc V. & Rousse P. (2011) : GAMOUR. Guide technique. CIRAD, FDGDON, La Chambre d'Agriculture de La Réunion. 26 pages.
- (83) Deguine J.-P. ; Augusseau X. ; Insa G. ; Jolet M. ; Le Roux K. ; Marquier M. ; Rousse P. ; Roux E. ; Sou-papoullé Y. & Suzanne W. (2013) : Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. *Innovations Agronomiques*, 28 : 59-74.
- (84) Deguine J.-P. ; Gloanec C. ; Laurent P. ; Ratnadass A. & Aubertot J.-N. (2020) : Protection agroécologique des cultures. Eds. QUAE, Coll. *Savoir-faire*. 1^{ère} édition. 288 pages.
- (85) Dehliz A. & Guénaoui Y. (2015.) : Natural Enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Oued Righ Region, An Arid Area of Algeria. *Academic Journal of Entomology*, 8 (2) : 72-79.
- (86) Dela M.A. ; Koffivi K.G. ; Komina A. ; Arund A. ; Philippi G. & Adole G.I. (2014) : Evaluation of neem leaves-based preparation as insecticidal agents against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sternorrhyncha : Aphididae). *African Journal of Agriculture Research*, 9 (17) : 1344-1352.
- (87) Delobel A. (1975) : *Chilo orichalcociliellus* Strand (Lepidoptera Pyralidae), foreur des tiges du sorgho et du maïs à Madagascar. Cahier ORSTOM, sér. Biol., vol. X, n°1 : 3-9.
- (88) Delobel A. (1975) : *Chilo orichalcociliellus* Strand (Lepidoptera Pyralidae), foreur des tiges du sorgho et du maïs à Madagascar. Cahier ORSTOM, sér. Biol., vol. X, n°1 : 11-16.
- (89) Doss S.A. & Faris F. S. (1989) : Relative susceptibility of twenty five cowpea cultivars to *Lampides boeticus* L. (Lepidoptera : Lycaenidae) infestation, with special reference to the effect to host plants on some biological aspects. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 20 : 71-81.
- (90) Dougoud J. ; Clottey V. ; Bateman M. & Wood A. (2018) : Étude sur la protection des cultures dans les pays où le programme « Centres d'Innovations Vertes pour le Secteur Agro-Alimentaire » est actif. Rapport national pour le « Centre d'Innovations Vertes » (CIV) au Mali. GIZ – CABI, 101 pages.
- (91) Dreyer H. (1994) : Seed damaging field pests of Cowpea (*Vigna unguiculata*) in southern Benin, with special reference to *Clavigralla tomentosicollis* STAL (Het., Coreidae). Thesis of Doctor of Technical Sciences. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 186 pages.
- (92) Drew R. A. I. & Hancock D. L. (1994) : The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera : Tephritidae : Dacinae) in Asia. *Bulletin of Entomological Research*, Supplement Series, 2 : 1-68.
- (93) Drew R. A. I. Tsuruta K. & White I. M. (2005) : A new species of pest fruit fly (Diptera : Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa. *African Entomology*, 13 (1) : 149-154.
- (94) Dubois J. (1965) : La mouche des fruits malgache (*Ceratitis malagassa* Munro) et autres insectes des agrumes, pêchers et pruniers à Madagascar. *Fruits*, 20 (9) : 435-460.
- (95) Dufay C. (1982) : Les Plusiinae de l'archipel des Comores [Lep. Noctuidae]. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 87 (5-6) : 220-228.
- (96) EPPO/OEPP (2004) : *Bemisia tabaci*. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 34 : 281-288.
- (97) EPPO/OEPP (2005) : *Tuta absoluta*. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 35 : 434-435.
- (98) EPPO/OEPP (2011) : *Ceratitis cosyra*. Diagnostic, PM 7/105 (1). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 41 : 347-351.
- (99) EPPO/OEPP (2021) : PQR database. Paris, France : European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>
- (100) EPPO/OEPP (2021) : EPPO Global database. In: EPPO Global database, Paris, France EPPO. <https://gd.eppo.int/>

- (101) ESSOR/AGRIDEV (2018) : Guide pratique du maraîcher agroécologique de Brazzaville – Recette de biopesticides, biofertilisants liquides et autres préparations. PAMTAC-B (2016-2018), République du Congo. 38 pages.
- (102) Fabrick J. A. ; Yool A. J. & Spurgeon D. W. (2020) : Insecticidal activity of marigold *Tagetes patula* plants and foliar extracts against the hemipteran pests, *Lygus hesperus* and *Bemisia tabaci*. PLoS ONE 15(5) : e0233511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233511>
- (103) FAO (2018) : Gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne sur le maïs – Un guide pour les champs écoles des producteurs en Afrique. Rome. 135 pages.
- (104) FAO (2020) : Appui à la gestion de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Smith) au Cameroun. Rapport final du projet TCP/CMR/3605. MINADER, Cameroun, 6 pages.
- (105) FAO (2021) : Fall armyworm management – Farmer field school experiences in Africa. Addis Ababa, Ethiopia, 26 pages.
- (106) FAO/IAEA (2017) : Guideline for packing, shipping, holding and release of sterile flies in area-wide fruit fly control programmes. J. L. Zavala-López and W. R. Enkerlin (eds.). *Second edition*. Rome, Italy. 140 pages.
- (107) FAO/IAEA (2018) : “The dashboard” for managers of sterile insect technique production facilities. A mass-rearing metrics and monitoring tool. P. Rendón. A. Aldana and C. Cáceres (eds.). FAO/IAEA, Vienna, Austria. 18 pages.
- (108) FAO/CABI (2019) : Community-based Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Monitoring, Early warning and Management, Training of Trainers Manual, *First Edition*. 112 pages.
- (109) Ferracini C. ; Ingegno B. L. ; Navone P. ; Ferrari E. ; Mosti M. & Tavelta L. A. A. (2012) : Adaptation of indigenous larval parasitoids to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Italy. *J. Econ. Entomol.*, 105 : 1311-1319.
- (110) Finch S. & Collier R. H. (2012) : The influence of host and non-host companion plants on the behaviour of pest insects in field crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142 (2) : 87-96.
- (111) Frappa C. (1938) : Les insectes nuisibles au manioc sur pied et aux tubercules de manioc en magasin à Madagascar. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, Bull. 197 :17-29.
- (112) Gahukar R. T. (2013) : Cow urine : a potential biopesticide. *Indian Journal of Entomology*, 75 (3) : 212-216.
- (113) Geetanjal & Tiwari R. (2014) : Bioefficacy of cow urine based eco-friendly formulations against *Spilarctia obliqua* (Walker). *Journal of Applied and Natural Science*, 6 (2) : 680 - 686.
- (114) Germain J.-F. ; Pastou D. ; Lucas E. ; Minatchy J. & Hostachy B. (2010) : *Paracoccus marginatus*, une nouvelle cochenille sur papayer à la Réunion. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, 633 : 9-10.
- (115) Ghanim N. M. & Abdel Ghani S. B. (2014) : Control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) and *Aphis gossypii* (Hemiptera : Aphididae) by some aqueous plant extracts. *Life Science Journal*, 11 (3) : 299-307.
- (116) Goebel R. (1995) : Les recherches en entomologie sur le fleuve Sénégal : bilan et perspectives dans le contexte des cultures irriguées au Sahel. Atelier ORSTOM-ISRA, Saint-Louis, Sénégal : 243-264.
- (117) Greathead D. J. (1971) : A review of biological control in the Ethiopian Region. CIBC Technical Communication No. 5. Farnham Royal, UK : CAB International.
- (118) Greathead D. J. (1971) : Biological Control of the bean fly *Ophiomyia phaseoli* (Diptera : Agromyzidae) by *Opius* spp. (Hymenoptera : Braconidae) in the Hawaiian Islands. *Entomophaga*, 20 (3) : 313- 316.
- (119) Griffon F. (2012) : Promotion de la contractualisation pour un partenariat entre opérateurs de marché et producteurs : quels leviers et contraintes dans la filière black eyes à Madagascar ? Mémoire d'ingénieur agronome - SAADS, Montpellier SupAgro – FIDA/PROSPERER, France, 140 pages.
- (120) Gupta M. P. (2005) : Efficacy of Neem in combination with cow urine against mustard aphid and its effect on coccinellid predators. *Natural Product Radiance*, 4 (2) : 102-106.
- (121) Gurung, T. R. & Azad, A. K. (2013) : Extent and potential use of bio-pesticides for crop protection in SAARC Countries. SAARC Agriculture Centre, 164 pages

- (122) Gutierrez J. (1967) : Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Tetranychus neocaledonicus* André 1933 (Acariens : Tetranychidae) "araignée rouge" du cotonnier à Madagascar. *Coton et Fibres Trop.*, XXII (2) : 183-195.
- (123) Gutierrez J. (1976) : Étude biologique et écologique de *Tetranychus neocaledonicus* André (Acariens, Tetranychidae). ORSTOM, Document n°57, 178 pages.
- (124) Hancock D. L. (1984) : Ceratitinae (Diptera : Tephritidae) from the Malagasy subregion. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.*, 47 (2) : 277-301.
- (125) Hancock D. L. (1991) : Tephrellini (Diptera : Tephritidae : Tephritinae) from Madagascar. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.*, 54 (2) : 173-184.
- (126) Huang Chi Chung ; Peng WuKang & Talekar N. S. (2003) : Parasitoids and other natural enemies of *Maruca vitrata* feeding on *Sesbania cannabina* in Taiwan. *Bio. Control.* 48 (4) : 407-416.
- (127) Hullé M. ; Turpeau E. ; Leclant F. & Rahn M.-J. (1998) : Les pucerons des arbres fruitiers : Cycles biologiques et activités de vol. Eds. ACTA/INRA, Paris, 80 pages.
- (128) Ingram W. R. (1983) : Biological control of graminaceous stem borers and pod-borers. *Insect Science and its Application*, 4 : 205-209.
- (129) IRRI (1985) : Problèmes en riziculture. Guide d'identification. 2^e édition. *International Rice Research Institute*, Manila, Philippines, 172 pages.
- (130) INRAE (2021) : Ephytia (<http://ephytia.inra.fr>).
- (131) Isman M.B. (2006) : Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 3 : 95-119.
- (132) Jackai L.E.N. (1993) : The use of neem in controlling cowpea pests. IITA Research. 7 : 5-11.
- (133) Jackai L.E.N. & Oyediran I.O. (1991) : The potential of neem *Azadirachta indica* A. Juss. for controlling post-flowering pests of cowpea, *Vigna unguiculata* Walp-I. The pod borer, *Maruca testulalis*. *Insect Science and its Application*, 12 (1-3) : 103-109.
- (134) Jansen P. C. M. (1981) : Spices, condiments and medicinal plants in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance. Agricultural Research Reports 906. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands. 327 pages.
- (135) Kadri A. ; Zakari Moussa O. ; Sidoyacouba A. ; Hame Abdou K.K. & Karimoune L. (2013) : Gestion intégrée de *Maruca vitrata* (FABRICIUS, 1787) et *Megalurothrips sjostedti* (TRYBOM, 1908), deux insectes ravageurs majeurs du niébé au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (6) : 2549-2557.
- (136) Kambire F. C. ; Barro N. B. ; Legay C. (2020) : Recueil des pratiques agro-écologiques éprouvées et mises en œuvre au Burkina Faso. Projet PEAEP, CNRST/IRSAT – Autre Terre Burkina Faso. 62 pages.
- (137) Karel A.K. (1993) : Effects of intercropping with maize on the incidence and damage caused by pod borers of common beans. *Environmental Entomology*, 22 (5) : 1076-1083.
- (138) Katende A. B. ; Birnie A. & Tengnäs B. (1995) : Useful trees and shrubs for Uganda: identification, propagation and management for agricultural and pastoral communities. Technical Handbook 10. Regional Soil Conservation Unit, Nairobi, Kenya. 710 pages.
- (139) Khan I. A. & Wan F.-H. (2015) : Life history of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae) biotype B on tomato and cotton host plants. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3 (3) : 117-121.
- (140) Kumar P. ; Huang L. Z. & Srinivasan R. (2014) : Effect of two commercial bio pesticides of neem (*Azadirachta indica*) and *Bacillus thuringiensis* on legume pod borer (*Maruca vitrata*) (Lepidoptera : Crambidae) in Thailand. *International Journal of Tropical Insect Science*, 34 (2) : 80-87.
- (141) Lacoste P. (1970) : La défense des cultures à Madagascar. BDPA, Tananarive, 340 pages.
- (142) Lacroix M. (1989) : Insectes Coléoptères : Melolonthidae (1^{ère} partie). *Faune de Madagascar*, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 73 (1) : 1-302.

- (143) Lacroix M. (1993) : Insectes Coléoptères : Melolonthidae (2^{ème} partie). *Faune de Madagascar*, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 73 (2) : 303-875.
- (144) Lavabre E. M. (1992) : Ravageurs des cultures tropicales. Collection *Le Technicien d'Agriculture Tropical*. Eds Maisonneuve & Larousse, Paris. 178 pages.
- (145) Le Rü B. P. ; Ong'amo G. O. ; Moyal P. ; Muchugu E. ; Ngala L. ; Musyoka B. ; Abdullah Z. ; Kauma Matama T. ; Lada V.Y. ; Pallangyo B. ; Omwega C. O. ; Schulthess F. ; Calatayud P.-A. & Silvain J.-F. (2006) : Geographic distribution and host plant ranges of East African noctuid stem borers. *Annales de la Société Entomologique de France*, (n.s.) 42 (3-4) : 353-361.
- (146) Le Rü B. P. ; Ong'amo G. O. ; Moyal P. ; Ngala L. ; Musyoka B. ; Abdullah Z. ; Cugala D. ; Defabachew B. ; Kauma Matama T. ; Lada V.Y. ; Negassi B. ; Pallangyo B. ; Ravololonandrianina J. ; Sidumo A. ; Omwega C. O. ; Schulthess F. ; Calatayud P.-A. & Silvain J.-F. (2006) : Diversity of Lepidopteran stem borers on monocotyledonous plants in eastern Africa and the islands of Madagascar and Zanzibar revisited. *Bulletin of Entomological Research*, 96 : 1-9.
- (147) Leclant F. (1999) : Les pucerons des plantes cultivées. I - Grandes cultures. ACTA/INRA éd., 64 pages.
- (148) Leclant F. (1999) : Les pucerons des plantes cultivées. II - Cultures maraîchères. ACTA/INRA éd., 97 pages.
- (149) Leclant F. (1999) : Les pucerons des plantes cultivées. II - Cultures fruitières. ACTA/INRA éd., 128 pages.
- (150) Legg J. P. ; Shirima R. ; Tajebe L.S. ; Guastella D. ; Boniface S. ; Jeremiah S. ; Nsami E. ; Chikoti P. & Rapisarda C. (2014) : Biology and management of *Bemisia* whitefly vectors of cassava virus pandemics in Africa. *Pest Manag. Sci.*, 70 : 1446-1453.
- (151) Lewis W. H. & Elvin-Lewis M. P. F. (1983) : Neem (*Azadirachta indica*) cultivated in Haiti. *Econ. Bot.* 37 : 69-70.
- (152) Louissaint A. M. (2012) : Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera : Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*). Mémoire de Master Agronomie et Agroalimentaire (ASCI – STIDAD), Montpellier SupAgro, 39 pages.
- (153) Lu J. (1990) : Maladies des légumineuses à Madagascar. Rapport technique de mission. Projet TCP FAO/MAG/8851. Antananarivo, 60 pages.
- (154) Madl M. & van Achterberg C. (2014) : A catalogue of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) of the Malagasy subregion, *Linzer biologische Beiträge*, 46 (1) : 5-220.
- (155) Mailafiya D. M. ; Le Ru B.P. ; Kairu E. W. ; Dupas S. & Calatayud P. A. (2011) : Parasitism of lepidopterous stem borers in cultivated and natural habitats. *Journal of Insect Science*, 11 (15) : 1-19.
- (156) Mallowa S.O. ; Isutsa D.K. ; Kamau A.W. & Legg J.P. (2011) : Effectiveness of phytosanitation in cassava mosaic disease management in a post-epidemic area of western Kenya. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6 (7) : 78-15.
- (157) Mansour R. ; Brévault T. ; Chailleux A. ; Cherif A. ; Grissa-Lebdi K. ; Haddi K. ; Mohamed S. A. ; Nofemela R. S. ; Oke A. ; Sylla S. ; Tonnang H. E.Z. ; Zappalà L. ; Kenis M. ; Desneux N. & Biondi A. (2018) : Occurrence, biology, natural enemies and management of *Tuta absoluta* in Africa. *Entomologia Generalis*, 38 (2) : 83-112.
- (158) Martin T. ; Saidi M. ; Komlan F.-A. ; Simon S. ; Kasina M. ; Vidogbena F. ; Parrot L. ; Adegbidi A. ; Wasilwa L.-A. ; Subramanian S. ; Baird V. & Ngouajio M. (2014) : Des filets anti-insecte pour protéger les cultures maraîchères en Afrique subsaharienne : une technologie rentable et adaptée aux conditions climatiques. In : 10^e Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, France – 22 et 23 octobre 2014. 9 pages.
- (159) Mathurin F. (2012) : Étude du potentiel assainissant de plantes de services contre le flétrissement bactérien de la tomate (*R. solanacearum*) en conditions de plein champ. Mémoire d'ingénieur agronome, Montpellier SupAgro, 63 pages.

- (160) Matile-Ferrero D. ; Etienne J. & Tiego G. (2000) : Introduction de deux ravageurs d'importance pour la Guyane française : *Maconellicoccus hirsutus* et *Paracoccus marginatus* (Hem., Coccoidea, Pseudococcidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 105 (5) : 485-486.
- (161) Matinaragson N. & Wattanuuk D. (2018) : Effect of Marigold Extract in Controlling Cowpea Aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 11 (1) : 113-123.
- (162) Mavi G.S. (1992) : Critical review on the distribution and host-range of pea blue butterfly, *Lampides boeticus* (Linn.). *Journal of Insect Science*, 5 : 115-119.
- (163) Mayeux A. (1981) : Étude préliminaire de l'action des pucerons de l'arachide. Doc. IRHO - CIRAD, Niger.
- (164) Meyerdirk D.E. ; Muniappan R. ; Warkentin R. ; Bamba J. ; Reddy G.V. (2004) : Biological control of the papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Guam. *Plant Protection Quarterly*, 19 (3) : 110-114.
- (165) Michel B. & Bournier J. P. (1997) : Les auxiliaires dans les cultures tropicales. CIRAD, France. 88 pages.
- (166) Mone R. (2008) : Distribution et abondance des populations de *Maruca vitrata* Fab. (Lépidoptère : Pyralidae), foreuse des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en relation avec les plantes-hôtes en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 62 pages.
- (167) Moolman H. J. ; Van den Berg J. ; Conlong D. ; Cugala D. ; Siebert S. J. & Le Ru B. P. (2013) : Diversity of stem borer parasitoids and their associated wild host plants in South Africa and Mozambique. *Phytoparasitica*, 41 (1) : 89-104.
- (168) Morallo-Rejesus B. & Decena A. (1982) : The activity, isolation, purification and identification of the insecticidal principles from Tagetes. *The Philippine journal of crop science*, 7 : 31-36.
- (169) Morallo-Rejesus B. (1986) : Botanical insecticides against diamondback moth. In Proc. First International Workshop on "Diamondback Moth Management", Tainan, Taiwan, 11-15 March 1985, 241-255.
- (170) Moran N. (1992) : The evolution of aphid life cycles. *Annual Review of Entomology*, 37 : 321-348.
- (171) Moyal P. (1989) : Essais de lutte chimique contre les foreurs du maïs en zone des savanes de Côte d'Ivoire. *L'Agronomie Tropicale*, 44 (4) : 333-341.
- (172) Moyal P. (1998) : Les foreurs du maïs en Côte d'Ivoire : vers une protection intégrée. *Agriculture et Développement*, n°19 : 16-27.
- (173) Moyal P. (1998) : Dynamics of the populations of the maize stem borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera : Pyralidae) in Côte d'Ivoire. Paris, France, ORSTOM, 52 pages.
- (174) Mayeux A. (1984) : Le puceron de l'arachide : biologie et contrôle. *Oléagineux*, 39 (8-9) : 425-434.
- (175) Mwanauta R.W. ; Mtei K. M. & Ndakidemi P. A. (2015) : Potential of Controlling Common Bean Insect Pests (Bean Stem Maggot (*Ophiomyia phaseoli*), Ootheca (*Ootheca bennigseni*) and Aphids (*Aphis fabae*)) Using Agronomic, Biological and Botanical Practices in Field. *Agricultural Sciences*, 6 : 489-497.
- (176) Mze H. I. (2017) : Études écologiques des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) nuisibles aux cultures fruitières aux Comores. Thèse de Docteurs en Sciences des Université de la Réunion & Université d'Antananarivo. 120 pages.
- (177) Neupane S. & Subedi S. (2019) : Life cycle study of maize stem borer *Chilo partellus* (Swinhoe) under laboratory condition at National Maize Research Program, Rampur, Chitwan, Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 2 (1) : 338-346.
- (178) Obopile M. & Ositile B. (2010) : Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. *J. Pest. Sci.*, 83 : 9-14.
- (179) Ofomata V. C. ; Overholt W. A. ; Huis A. van ; Egwuatu R. I. & Ngi-Song A. J. (1999) : Niche overlap and interspecific association between *Chilo partellus* and *Chilo orichalcociliellus* on the Kenya coast. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93 (2) : 141-148.

- (180) Ogah E.O. & Ogah F.E. (2012) : Evaluating the effect of host plant resistance and planting dates on the incidence of legume pod borer (*Maruca vitrata* Geyer) on African yam bean in Nigeria. *African Crop Science Journal*, 20 (3) :163-170.
- (181) Oparaeke A. M. ; Dike M. C. & Amatobi C. I. (2003) : Fermented cow dung : a home produced insecticide against post flowering insect pests of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Samaru J. Agric.*, 19 : 121-125.
- (182) Oparaeke A. M. ; Dike M. C. & Amatobi C. I. (2006) : Insecticidal efficacy of SABRUKA formulations as protectants of cowpea against field pests. *Journal of Entomology*, 3 (2) : 130-135.
- (183) Paulian R. (1960) : Insectes utiles et nuisibles de la région de Tananarive. Eds Institut de recherche scientifique de Tananarive-Tsimbazaza. 120 pages.
- (184) Peries L. (1989) : Cattle urine as a substitute for agrochemicals. National Rural Conference. *Natural Crop Protection in the Tropics*. AGRECOL, Publication, Okozentrum, Switzerland. 188 pages.
- (185) Polaszek A. ; Delvare G. & Blary D. (2000) : Les foreurs des tiges de céréales en Afrique : importance économique, systématique, ennemis naturels et méthodes de lutte. CTA – CIRAD, Montpellier, France, 534 pages.
- (186) Prasanna B.M. ; Huesing J. E. ; Eddy R. & Peschke V. M. (2018) : La chenille légionnaire d'automne en Afrique : Un guide pour la lutte intégrée contre le ravageur, *Première édition*. USAID – CIMMYT – CGIAR, Mexico, 111 pages.
- (187) Quilici S. ; Geslin P. & Manikom R. (1987) : Utilisation du piégeage dans la lutte contre les mouches des fruits à l'île de La Réunion. I - Comparaison de différents types de pièges. *Fruits*, 42 (1) : 47-51.
- (188) Quilici S. ; Geslin P. & Manikom R. (1987) : Utilisation du piégeage dans la lutte contre les mouches des fruits à l'île de La Réunion. II - Comparaison de différents types d'attractifs. *Fruits*, 42 (3) : 163-169.
- (189) Quilici S. ; Vincenot D. & Franck A. (2003) : Les auxiliaires des cultures fruitières. Eds. CIRAD, Paris. 168 pages.
- (190) Radwanski S. & Wickens G. E. (1981) : Vegetative fallows and potential value of the neem tree (*Azadirachta indica*) in the tropics. *Econ. Bot.* 35 : 398-414.
- (191) Rafaraso L. S. ; Ranarilalaitiana, T. ; Andrianantoandro, A. & Ravaomanarivo Raveloson, L. H. (2015) : Biodiversité de l'entomofaune des rizières de la région de Lac Alaotra (Madagascar). *Malagasy Nature*, 9 : 15-38.
- (192) Raeliarisoa Razafindrakoto C. & Matile-Ferrero D. (2013) : Sexual dimorphism in the second-instar nymphs of *Aonidomytilus albus* (Cockerell, 1813) (Hemiptera, Diaspididae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 118 (3) : 371-377.
- (193) Rakotomalala Andrianavalona I. N. (2015) : Impact du borer blanc africain, *Maliarpha separatella* Ragnot (1888) (Lépidoptères, Pyralidae) sur le rendement en riziculture irriguée à Andranovaky Mahitsy. Mémoire de DEA en Sciences de la vie, FOFIFA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 44 pages.
- (194) Randrianabo Raobelina A. M. (2015) : Efficacité et rémanence du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* dans la lutte biologique contre *Heteronychus plebeius* (Coleoptera, Scarabaeidae) à Ambohitsilaozana, dans la région d'Alaotra Mangoro, Madagascar. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, 55 pages.
- (195) Randrianandrianina L. (1987) : Bilan et perspectives de la lutte biologique contre les ennemis du riz à Madagascar. In : Colloque international sur l'amélioration de la riziculture par les moyens biologique, 7 – 15 septembre 1987. 16 pages.
- (196) Randriamanantsoa R. (2010) : Systématique des vers blancs (Coleoptera, Scarabaeoidea) en riziculture pluviale des régions de haute et moyenne altitudes du Centre et du Centre-Ouest de Madagascar - Bioécologie du ravageur *Heteronychus arator rugifrons* (Fairmaire, 1871- Coleoptera, Scarabaeoidea, Dynastidae). Thèse de 3^e cycle en Sciences de la vie - Spécialité entomologie. Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Madagascar, 165 pages.
- (197) Rasamizafy L. A. (2006) : Identification et évaluation de quelques ennemis naturels des Lépidoptères foreurs de tiges de maïs à Madagascar. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, Madagascar, 52 pages.

- (198) Ratnadass A. ; Randriamanantsoa R. ; Rajaonera T.E. ; Rabearisoa M.Y. ; Rafamatanantsoa E. ; Moussa N. & Michellon R. (2013) : Interaction entre le système de culture et le statut (ravageur ou auxiliaire) des vers blancs (Coleoptera : Scarabeoidea) sur le riz pluvial. *Cahiers Agriculture*, 22 (5) : 432-441.
- (199) Raveloson L. H. (1996) : Contribution à l'étude de la biologie de *Ceratitis* (*Ceratitis*) *malgassa* Munro et à l'étude systématique des espèces du genre *Ceratitis* (Diptères, Tephritidae) à Madagascar. Thèse de 3^e cycle en Sciences Biologiques Appliquées - Spécialité entomologie. Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Madagascar, 93 pages.
- (200) Razafindrakoto N. H. (1986) : Contribution à l'étude de la mouche de fruits malgache, *Ceratitis malgassa* Munro. Mémoire de DEA, EESS, Université d'Antananarivo, 77 pages.
- (201) Ratnam, S. (2001) : *Tephrosia vogelii*. Bulletin du Centre d'information et d'échanges sur les plantes de couverture en Afrique (CIEPCA), Cotonou : Benin, 7 : 3-4.
- (202) Real P. (1953) : Le cycle annuel du puceron de l'arachide (*Aphis leguminosae* Theobald), en Afrique Noire française et son déterminisme. - Thèse de Doctorat ès Science, Université de Paris, France, 122 pages.
- (203) RECA (2013) : Danger - *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur de la tomate identifié au Niger. Note d'information n° 4, Traitements phytosanitaires et ravageurs, 4 pages.
- (204) Reckhaus P. (1997) : Maladies et ravageurs des cultures maraîchères : à l'exemple de Madagascar. Edition Margraf Verlag - GTZ, Eschborn, 402 pages.
- (205) Rituraj S. ; Mayuri B. & Ajay K. M. (2021) : Effect of Weather and Date of Transplanting on Caseworm (*Nymphula depunctalis*) Incidence. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 10 (02) : 2357-2361.
- (206) Remaudière G. & Etienne J. (1988) : Les Aphididae (Hom.) des îles et archipels de l'océan Indien. *L'agronomie Tropicale*, 43 (4) : 327-346.
- (207) Reyes T. M. (1982) : Pesticidal activity of formulated rotenone from *Tephrosia vogelii* Hooker. M.S. Thesis, University of the Philippines at Los Banos, College, Laguna, Philippines, 71 pages.
- (208) Robert Y. (1981) : Fluctuations et dynamique des populations de pucerons. In : *Les pucerons des cultures*, ACTA : 21-35.
- (209) Sadwarte A. K. & Sarode S. V. (1997) : Effect of neem seed extract, cow dung, cow urine alone and in combination against pod borer complex of pigeon pea. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 4 : 36-37.
- (210) Sawadogo F. (2004) : Étude de la résistance de lignées de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) et effet des extraits végétaux vis-à-vis de la punaise suceuse de gousse (*Clavigralla tomentosicollis* Stål.). Mémoire d'ingénieur du développement rural, IDR-INERA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 42 pages.
- (211) Shah M. M. ; Zhang S. & Liu T. (2015) : Whitefly, host plant and parasitoid : A review on their interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 4 : 48-61.
- (212) Shantibala T. ; Singh T. K. (2004) : Yield loss, infestation and economic injury level for the pea pod border, *Lampides boeticus* (Linn.), in Manipur. *Annals of Plant Protection Sciences*, 12 (1) : 25-28.
- (213) Shashidhar Viraktamath & Kumar K.H.D. (2004) : Efficacy of two types of light traps in attracting insect pests of economic importance. *Insect Environment*, 10 (4) : 162-164.
- (214) Shreth C. N. ; Singh K. I. & William S. J. (2009) : Laboratory evaluation of certain cow urine extract of indigenous plants against mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) infesting cabbage. *Hexapoda*, 16 (1) : 11-13.
- (215) Sreekanth M & Seshamahalakshmi M. (2012) : Studies on relative toxicity of biopesticides to *Helicoverpa armigera* (Hubner) and *Maruca vitrata* (Geyer) on pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Journal of Biopesticides*, 5 (2) : 191-195.
- (216) Steiner K. G. (1990) : Manuel d'expérimentation en milieu paysan pour les projets de développement – Recommandations pour le développement de messages de vulgarisation pour les petits exploitants dans les domaines de la socio-économie et de l'environnement. GTZ – CTA – Bureau d'Études Phytosanitaire/Ministère de l'Agriculture/CIRAD, Sonderpublikation der GTZ, n°248, 335 pages.

- (217) Stoll G. (1988) : Protection naturelle des végétaux : basée sur les ressources paysannes locales en zones tropicales et subtropicales. Eds. CTA – AGRECOL, 180 pages.
- (218) Stoll G. (2000) : Natural Crop Protection in the Tropics : letting information come to life. Eds Margraf Verlag, 387 pages.
- (219) Subrahmanyam B. (1990) : Azadirachtin - A naturally occurring insect growth regulator. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 99 (3) : 277-288.
- (220) Thurston D. (1998) : Tropical plant diseases. *The American Phytopathological Society*, St. Paul, Minnesota, USA, 208 pages.
- (221) Traore F. (2014) : Étude de la bioécologie de *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera : Crambidae) foreuse des gousses de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) dans une perspective de gestion durable du ravageur au Burkina Faso. Thèse de Doctorat ès Science, Université de Ouagadougou, Ouagadougou. 131 pages.
- (222) Trottin-Caudal Y. ; Baffert V. ; Leyre J.-M. ; Chambrière C. C. ; Terrentory A. A. & Hulas C. (2011) : *Tuta absoluta* en culture de tomate sous serres et abris. *Infos CTIFL*, n° 269 : 40-46.
- (223) Turpeau-Ait Ighil E. ; Monnet Y. ; Hullé M. & Robert Y. (1999) : Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol. Edition ACTA-INRA, 136 pages.
- (224) Van Emden H. F. & Harrington R. (2007) : Aphids as crop pests. 2nd Edition, CABI, Wallingford, UK. 714 pages.
- (225) Vayssière P. (1989) : L'Entomologie agricole à Madagascar. *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*. 26^e année, Bulletin n°286 bis, septembre. pp. 460-470.
- (226) Vayssières J.-F. & Carel Y. (1999) : Les Dacini (Diptera : Tephritidae) inféodés aux Cucurbitaceae à La Réunion : gamme de plantes-hôtes et stades phénologiques préférentiels des fruits au moment de la piqûre pour des espèces cultivées. *Annales de la Société Entomologique de France*, 35 : 197-202.
- (227) Vayssières J.-F. ; Sinzogan A. & Adandonon A. (2009) : Principales méthodes de lutte intégrée contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest. *West African Fruit Fly Initiative*. Fiche n°6. Banque mondiale, IITA-CIRAD, 4 pages.
- (228) Vayssières J.-F. ; Sinzogan A. ; Korie S. ; Ouagoussounon I. & Odjo A.T. (2009) : Effectiveness of Spinosad Bait Sprays (GF-120) in Controlling Mango-Infesting Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology*, 102 (2) : 515-521.
- (229) Viette P. (1971) : Les Pyralidae Crambinae des îles de l'Océan Indien occidental [Lep.]. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 76 (3-4) : 72-81
- (230) Vidogbéna F. ; Adegbidi A. ; Assogba-Komlan F. ; Martin T. ; Ngouajio M. ; Simon S. ; Tossou R. & Parrot L. (2015) : Cost : Benefit analysis of insect net use in cabbage in real farming conditions among small-holder farmers in Benin. *Crop Protection*, 78 : 164-171.
- (231) Vinas J. (1937) : Préparation et emploi des insecticides – Roténones. *Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Coloniale*, Bul. n°190, 419-433.
- (232) Walker H. G. & Anderson L. D. (1934) : Notes on the use of Derris and Pyrethrum dusts for the control of certain insects attacking cruciferous crops. *Journal of Economic Entomology*, 27 (2) : 388-393.
- (233) Waterhouse D. F. (1998) : Biological Control of Insect Pests South East Asia Prospects. *Australian Centre for International Agricultural Research*, 51 : 235-255.
- (234) Westphal E. (1975) : Agricultural systems in Ethiopia. Agricultural Research Reports 826. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands. 278 pages.
- (235) White I.M. (1998) : Tephritid Flies, Diptera : Tephritidae. Handbooks for the identification of British Insects. Vol. 10, Part 5A. Royal entomological Society of London, UK. 134 pages.
- (236) White I.M. & Elson-Harris M.M. (1992) : Fruits Flies of Economic Importance. CAB International, UK. 601 pages.

- (237) Yule S. & Srinivasan R. (2013) : Evaluation of bio-pesticides against legume pod borer, *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae), in laboratory and field conditions in Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 16 (4) : 357-360.
- (238) Zhang P. ; Qin D. ; Chen J. & Zhang Z. (2020) : Plants in the Genus *Tephrosia* : Valuable Resources for Botanical Insecticides. *Insects*, 11 : 721. <https://doi.org/10.3390/insects11100721>
- (239) Zinga I. (2012) : Épidémiologie de la maladie de la mosaïque du manioc en République Centrafricaine, résistance variétale et assainissement par thermothérapie. Thèse de Doctorat ès Science, Université de La Réunion/Université de Bangui, France, 142 pages.

9 Annexes

9.1 Description succincte des principaux ravageurs d'importance économique

9.1.1 Les Lépidoptères : Noctuelles, Pyrales, Teignes et Mineuses

Helicoverpa armigera (fam. : Noctuidae)

Nom commun

Noctuelle de la tomate, Chenille des épis du maïs, Ver de la capsule.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (environ 78 espèces cultivées) : coton, dolique lablab, haricot, niébé, maïs, pois d'Angole, poivron, tomate, sorgho [17, 54, 58].

Secondaires :

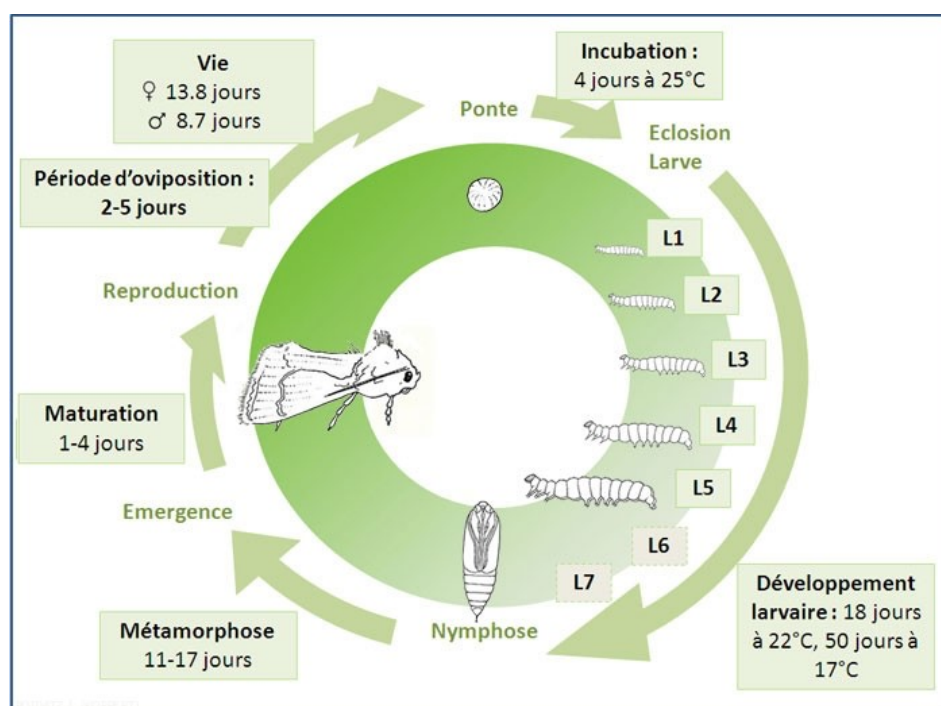
- Amarante, arachide, brocoli, chénopode blanc, chou de Chine, *Citrus*, Cucurbitacées, gombo, luzerne, mangue, orge d'été, pois chiche, pommes de terre, prune, soja, tabac, tournesol et graminées sauvages (*Acalypha* sp., *Amaranthus* sp., *Chenopodium album*, *Commelina benghalensis*, *Convolvulus arvensis*, *Datura metel*, *Datura stramonium*, *Datura* sp., *Desmodium intortum*, *Gomphrena* sp., *Hyoscyamus niger*, *Sonchus arvensis*, *Stylosanthes gracilis*) [17, 50, 58].

Cycle [130]

Helicoverpa armigera passe, en général, par six stades larvaires, mais on peut en observer cinq ou sept dans certaines circonstances.

Les femelles pondent plusieurs centaines d'œufs (entre 500 et 3 000 œufs/femelle) sur tous les organes du végétal. Les œufs peuvent éclore en 2 à 4 jours à la température optimale de 27-28 °C. Le cycle d'œuf à œuf dure environ un mois en régions tropicales et subtropicales. Dans ces régions, le cycle est sans interruption et il peut y avoir jusqu'à 11 à 12 générations.

Figure 1 : Cycle du *Helicoverpa armigera*



Symptômes, dégâts

Plusieurs signes permettent de reconnaître les attaques de la noctuelle de la tomate. Ce sont :

- des perforations et des criblages des feuilles ;
- des galeries et des trous relativement larges sur le fruit (les galeries commencent généralement à proximité du pédoncule ;
- la présence de déjections brunâtres dans ou sur le fruit ;
- la maturation précoce et la chute des fruits.

Figure 2 : Stades larvaires (L4-L6) causant des dégâts aux cultures et adulte de *H. armigera*



Méthodes culturales [11, 28, 58, 152, 158]

- Utilisation de variétés résistantes ou tolérantes (existe pour le coton, pois d'Angole et pois chiche).
- Implantation de haies vives de type florale autour des champs pour héberger les ennemis naturels de *H. armigera* et réduire la migration des premiers adultes ailés (barrière physique).
- Utilisation de toile insect-proof pour constituer une barrière physique et empêcher les pontes (pépinière et parcelle maraîchères).
- Mise en œuvre des pièges à phéromones pour détecter les premiers papillons.
- Ramassage et destruction des débris végétaux et des résidus de culture. Éviter de jeter les fruits à terre (tomate, poivron, gombo, ...).
- Traitement à foliaire à base d'un mélange d'urine et de bouse de bovin. Cette solution dissuade les femelles de *H. armigera* et *S. litura* de pondre sur les feuilles de niébé.
- Rotation tous les deux ans, avec des plantes non-hôtes de l'insecte.

Ennemis naturels [51, 58, 154]

Hyménoptères parasitoïdes :

Apanteles diparopsidis, *Bracon brevicornis* (Tchad, Afrique du Sud : coton), *Bracon kirkepatricki* (Inde : coton), *Campoplex chlorideae* (Australie, Chine, Inde, Pakistan : coton), *Chelonus curvimaculatus*¹⁷, *Trichogramma brasiliensis*¹⁸, *Trichogramma chilonis* (Cap Vert, Chine, Inde, Afrique du Sud : haricot, coton, pomme de terre), *Trichogrammatoidea armigera* (Cap Vert : pois d'Angole, tomate), *Cotesia* spp. (Australie, Cap Vert, Nouvelle Zélande, Fiji : haricot, pois d'Angole, tomate), *Cotesia marginiventris* (Barbade, Brésil, Honduras, Trinidad : maïs), *Cotesia ruficornis**, *Chelonus insularis*, *Chelonus formosanus*, *Trichogramma pretiosum*, *Trichogrammatoidea australicum**.

Punaises prédatrices :

Macrolophus pygmaeus (Europe : ?), *Nabis capsiformis*, *Orius albidipennis* (Soudan : coton).

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis

Spodoptera frugiperda (fam. : Noctuidae)

Nom commun

Légionnaire d'automne, Noctuelle américaine du maïs.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (environ 80 espèces cultivées) : maïs, coton [58, 99, 100].

Secondaires :

- Riz, sorgho, canne à sucre, mil, sésame, cultures maraîchères, gombo, papaye, agrumes, mangue, Légumineuses, soja, patate douce, banane, passiflore, goyave, vigne, gingembre, et graminées sauvages (*Agrotis* spp., *Andropogon virginicus*, *Carex* spp., *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria* spp., *Echinochloa crus-galli*, *Elymus repens*, *Eriochloa punctata*) [58].

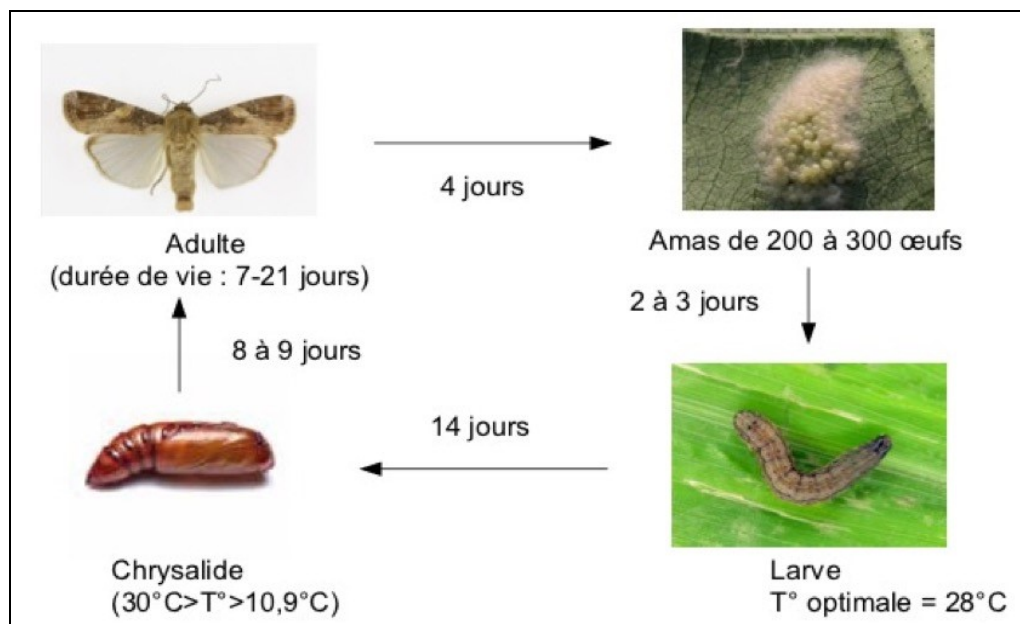
Cycle [186]

La femelle légionnaire d'automne peut pondre jusqu'à 2000 œufs au cours de sa vie de 2 -3 semaines. Les œufs sont déposés sous forme d'amas serrés de 100-300 œufs et parfois en deux couches d'ooïdes de 50 à 200 œufs. Ils éclosent au bout de 2 à 10 jours (généralement 2 à 3 jours à 28-30°C). La phase larvaire passe par 6 stades et dure entre 14 à 22 jours. Au dernier stade de développement, les chenilles mesurent jusqu'à 4 cm de long et elles sont de couleur variable avec des bandes longitudinales jaunes sur tout le corps. Elles ont une marque pâle en forme de Y renversé sur la tête et elles présentent des verrues foncées distinctives sur le corps (quatre taches noires disposées en carré sur le dernier segment abdominal). Les chenilles se nymphosent à l'intérieur d'un cocon à 2-8 cm sous la surface du sol. La phase nymphale (chrysalide) dure de 8 à 30 jours. Les adultes émergent la nuit, s'accouplent le jour suivant et peuvent voler sur plusieurs kilomètres avant de pondre. La durée du cycle est comprise entre 25 et 50 jours. En Amérique centrale et du Sud (régions d'origine), 4 à 6 générations par an sont possibles.

¹⁸ Ennemis naturels endémiques à Madagascar ou ayant fait l'objet d'une introduction avec établissement avéré.

¹⁸ *Trichogramma brasiliensis* peut être élevé en masse et lâché à partir de plaquettes en carton contenant plusieurs milliers d'œufs du parasitoïde. En Inde, un tel carton contient 20 000 œufs de *T. brasiliensis* et coûte seulement 20 à 30 Roupies (0,5 USD).

Figure 3 : Cycle du *Spodoptera frugiperda*



Symptômes, dégâts [103, 104]

Plusieurs signes permettent de reconnaître les attaques de la chenille légionnaire d'automne. Ce sont :

- des feuilles déchiquetées, provoquant un effet de squelette ou de « fenêtrage » caractéristique ;
- des déjections humides ressemblant à de la sciure de bois près du verticille et des feuilles supérieures ;
- de la sciure dans le cornet (entonnoir) des feuilles supérieures ;

Figure 4 : Stades larvaires (L4-L6) causant des dégâts aux maïs et adulte de *S. frugiperda*



Méthodes culturales [79, 103, 104, 105, 108, 186]

- Utilisation de semences de bonne qualité pour augmenter la vigueur des plantes et potentiellement réduire les dommages.
- Éviter les semis tardifs et les semis échelonnés (planter tous les champs de maïs en même temps au début des pluies efficaces).
- Utilisation de pièges à phéromone pour détecter les premières adultes arrivées au champ et évaluer les niveaux d'infestation (0-25 papillons/piège => faible risque ; 25-50 papillons/piège => risque moyen ; 50-100 papillons/piège => risque fort).
- Surveillance régulière de la présence/absence des stades larvaires (dommages sur feuille, excréments, ...).
- Ramassage et destruction des masses d'œufs et des larves.
- Destruction des graminées adventices dans et aux abords des champs de maïs.
- Mettre une poignée de sable (mélangé avec de la chaux ou de la cendre), de la sciure de bois, de la terre, des solutions savonneuses ou du gravier dans le verticille des plantes attaquées pour tuer les plus grosses chenilles.
- Enlever et détruire les repousses et les résidus de culture infestés.
- Utilisation de cultures de couverture (telles que mucuna et lablab) pour augmenter le nombre et la diversité des ennemis naturels (araignées, coléoptères, fourmis).
- Rotation des cultures avec des espèces autres que des graminées, telles que le manioc.
- Association de cultures avec manioc, arachide, Légumineuses (haricot, pois d'Angole, niébé), bananier, chou, *Gliciridia*.
- Appliquer la stratégie de push-pull (*Desmodium* en intercalaire et du Napier ou du *Brachiaria* spp. en bordure de parcelle).

Ennemis naturels [58, 79, 154]

Hyménoptères parasitoïdes :

Alabagrus stigma, *Aleiodes laphygmae*, *Chelonus curvimaculatus**, *C. insularis*, *C. formosanus*, *Cotesia icipe**, *Cotesia marginiventris*, *Cotesia ruficrus**, *Coccygidium luteum*, *Hyposoter annulipes*, *Glyptapanteles creatonoti*, *Euplectrus platyhypenae*, *Eiphosoma vitticollis*, *Microchelonus heliopae*, *Meteorus laphygmae*, *Telenomus remus*, *Trichospilus pupivora*, *Trichogramma rojasi*, *Trichogramma pretiosum*.

Diptères parasitoïdes :

Archytas marmoratus, *A. incertus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus cereus, *Bacillus thuringiensis*, *Baculovirus spodoptera*, *Beauveria bassiana*, *Entomophaga aulicae*, *Erynia radicans*, *Granulosis virus*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Nucleopolyhedrosis virus*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Vairimorpha necatrix*.

Spodoptera littoralis (fam. : Noctuidae)

Nom commun

Noctuelle méditerranéenne.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (au moins 87 espèces cultivées d'importance économique) : maïs, coton, tomate, piment, gombo, amarante, chou, citrus, café, poivron, aubergine, pomme de terre, Légumineuses, Cucurbitacées [17, 58, 66, 99, 100, 119].

Secondaires :

- Arachide, oignon, ail, patate douce, tabac, riz, ricin, soja, haricot, thé, niébé, carotte, navet, laitue [17, 58, 99, 100].

Cycle [130]

Une seule femelle peut pondre jusqu'à 2000 œufs au cours de sa vie. Les œufs blanchâtres sont pondus par groupes de plusieurs dizaines recouverts de soies (poils) provenant des papillons femelles. Les éclosions ont lieu 4 jours après la ponte. Six stades larvaires se succèdent en 15-23 jours à 25-26°C. La période nymphale se déroule dans des cellules dans la terre et dure environ 11-13 jours à 25°C. La longévité des adultes est de 4-10 jours.

Le cycle de vie dure 5 semaines de l'œuf à l'adulte à 25°C. Jusqu'à 7-8 générations par an peuvent se succéder sous des climats tropicaux et subtropicaux.

Symptômes, dégâts [14, 17, 19, 130, 204]

Plusieurs signes permettent de reconnaître les attaques de la noctuelle méditerranéenne (comme toutes les noctuelles d'ailleurs). Ce sont :

- de larges trous situés sur le limbe ou à sa périphérie, ne laissant parfois derrière elles que les nervures principales et réduisant ainsi fortement la photosynthèse ;
- des perforations au niveau des tiges et des fruits qu'elles envahissent par la suite ;
- des fruits parasités (par exemple de tomate) qui cessent de grossir, mûrissent prématurément et tombent.

Figure 5 : Dégâts sur cultures maraîchères. Larves âgées (L4-L6) et adulte de *S. littoralis*.



Méthodes culturales [65, 130, 158, 204]

- Utilisation de piège delta + une plaque engluée + une capsule de phéromone spécifique pour détecter les vols de papillons.
- Utiliser la technique du push-pull avec du *Desmodium intortum*, *D. uncinatum* ou de l'herbe à mélasse (push) et du *Pennisetum purpureum* ou du *Brachiaria* spp. (pull).
- Implantation de haies florales pour favoriser l'hébergement des auxiliaires.
- Destruction des organes ou les plants endommagés et ceux qui présentent des symptômes.
- Rotation des cultures avec des plantes non-hôtes.

- Maintenir les abords des champs propres car les chenilles peuvent se nourrir de plantes spontanées et donc se maintenir près des cultures.
- Utilisation de filets *insect-proof* pour protéger les cultures saines.
- Utilisation de pièges lumineux pour piéger massivement les adultes.

Ennemis naturels [51, 58, 154]

Hyménoptères parasitoïdes :

Apanteles colemani, *Bracon brevicornis*, *B. hebetor**, *Charops sp.**, *Chelonus curvimaculatus**, *C. insularis*, *C. formosanus*, *C. oculator*, *Cotesia marginiventris*, *Cotesia ruficornis**, *Spodophagus lepidopterae**, *Trichogrammatoidea australicum**, *Trichospilus pupivora*.

Coccinellidae prédatrices :

Coccinella undecimpunctata, *Scymnus interruptus*, *S. syriacus*.

Punaises prédatrices :

Andrallus spinidens, *Blaptostethus piceus*, *Cantheconidia furcellata*, *Harpactor costalis*, *Macrolophus pygmaeus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus cereus, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Borrelinavirus litura*, Cytoplasmic polyhedrosis viruses, *Metarhizium anisopliae**, Nucleopolyhedrosis virus, *Xenorhabdus nematophilus*.

Sesamia calamistis (fam. : *Noctuidae*)

Nom commun

Borer rose africain, Borer rose de la canne à sucre, Sésamie du maïs.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : maïs [17, 58, 99, 100, 130].

Secondaires :

- Canne à sucre, riz, sorgho, blé, mil à chandelle et nombreuses graminées sauvages (*Andropogon sp.*, *Beckeropsis unisetia*, *Cenchrus echinatus*, *Coix lachryma-jobi*, *Cyperus papyrus*, *Eleusine coracana*, *Lolium sp.*, *Paspalum conjugatum*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *P. subangulatum*, *P. thyphoides*, *Pnalaris arundinacea*, *Paspalum urvillei*, *Rottboellia compressa*, *R. exaltata*, *Setaria splendida*, *S. barbata*, *Sorghum halepense*, *S. verticilloflorum*) [17, 58, 99, 100, 146].

Cycle [45]

La ponte est déposée dans les interstices des gaines foliaires du maïs et composée de 50 à 100 œufs disposés en plusieurs rangées. De couleur blanchâtres au début du stade embryonnaire, ils deviennent jaunâtres puis orangée et enfin noirâtres à la fin de ce stade (5 jours). La larve néonates mesure de 2 à 2,5 mm alors que la larve âgée atteint 20 à 28 mm de long à la fin du stade larvaire qui dure entre 35 à 60 jours. La durée de la pupaison est de 10 à 12 jours à 25°C. Les adultes ont une longévité de 3 à 5 jours.

Sous les conditions tropicales, on peut observer cinq à six générations sont possibles en un an.

Symptômes, dégâts [12, 14, 15, 16, 17, 40, 185]

Le maïs n'ayant pas de possibilité de tallage peut être détruit par une seule chenille mal située alors que le mil et le riz, grâce à un tallage abondant, résistent beaucoup mieux. Plusieurs signes permettent de reconnaître les attaques de sésamie. Ce sont :

- des jeunes feuilles de plantes infestées apparaissant perforées ou parfois se desséchant lorsqu'elles sont rongées à la base ;

- une désorganisation des structures internes des tiges. En effet, les chenilles, après s'être nourries aux dépens du cornet formé par les jeunes feuilles, pénètrent à un stade plus âgé dans la tige et y creusent une galerie.
- une anomalie dans le développement de la plante. une formation anormale des panicules et des grains.

En cas de fortes attaques, les tiges de céréales peuvent être minées simultanément par plusieurs chenilles.

Figure 6 : Stades larvaire (tige de maïs), nymphale et adulte de *S. calamistis*. Hyménoptère parasitoïde à la recherche de larves dans une tige de canne à sucre



Méthodes culturales [40, 172, 185]

- Utilisation de variétés résistantes/tolérantes (SP718210, M1565/87 et SP701006).
- Maîtrise des adventices hôtes autour des parcelles.
- Utilisation de la technique push-pull avec menthe-herbe à éléphant.
- Rotation de cultures en utilisant des Légumineuses (arachide, haricot, niébé) ou du manioc (réduction de la densité des œufs de 67% et celle des chenilles et chrysalides de 83%).
- Associations culturales avec des Légumineuses non comestibles (*Canavalia ensiformis* et *Tephrosia vogelii*) pour réduire les infestations.
- Utilisation raisonnée des engrais, notamment l'azote.
- Élimination et enfouissement profond (> 15 cm) des chaumes après récolte.

Ennemis naturels [17, 18, 39, 51, 58, 60, 128, 154, 155, 185]

Hyménoptères parasitoïdes :

Amesospilus sp.*, *Bracon* sp.*, *Cotesia flavipes**, *Cotesia sesamiae**, *Dentichasmias busseolae**, *Enicospilus* sp.*, *Ichneumon tananarive**, *I. uncinatus**, *Paraphaenodiscus risbeci*, *Pediobius furvus**, *Pimpla bova**, *Pleurotrapis furnum*, *Tetrastichus atriclavus**, *Trichospilus diatraeae**, *Trichogrammatoidea australicum**, *T. lutea*, *T. simmondsi*, *Xanthopimpla dorsigera**.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis.

Eldana saccharina (fam. : *Pyralidae*)

Nom commun

Borer africain de la canne à sucre.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : canne à sucre [13, 17, 58, 99, 100].

Secondaires :

- Maïs, sorgho, riz et graminées sauvages (*Cyperus* spp., *Pennisetum purpureum*, *Setaria* spp., *Typha latifolius*) [13, 17, 58, 99, 100].

Cycle [12, 13, 14, 173]

Les femelles déposent des ooplaques de 50 à 100 œuf sur les feuilles desséchées de la base des plants, et peuvent déposer jusqu'à 500 œufs sur une période d'une semaine. Leur préférence pour les feuilles desséchées explique, en partie, leur tendance à infester les cultures à maturité. Les œufs blanchâtres, jaunes clair à la ponte, se teintent progressivement pendant le développement embryonnaire de la larve. Ils éclosent 6 jours plus tard, et les jeunes larves se nourrissent sur les tissus épidermiques des plantes avant de pénétrer dans la tige, dont elles consomment la moelle en y creusant des galeries. La durée du développement larvaire est très variable, mais elle peut aller jusqu'à 2 mois, au bout desquels les chenilles se nymphosent à l'intérieur des tiges. Le développement larvaire dure en moyenne 20 jours à 30°C et passe par 5 à 6 stades (certains auteurs ont pu observer jusqu'à huit stades larvaires). Les conditions climatiques et de nutrition déterminent des variations de teinte allant du gris très clair, blanchâtre, à un gris très foncé, noir. Les premier, 2^{ème} et 3^{ème} stades larvaires sont peu pigmentés et la pigmentation grise caractéristique est acquise aux quatrième et cinquième stades larvaires. La coloration s'atténue ventralement.

Le développement nymphal dure en moyenne 7 jours à 30°C. A sa formation, la nymphe est très claire, blanche et brunit progressivement au fur et à mesure qu'elle vieillit.

On compte jusqu'à 6 génération par an, les chenilles ne diapausant pas.

Symptômes, dégâts [64, 173, 185]

Voir Borer rose africain.

The collage illustrates the life cycle of the sugarcane borer. It includes images of the adult moth, the larval stage (caterpillar), and the pupal stage. The larvae are shown feeding on sugarcane leaves and stems, causing damage. A scale bar indicates 5 mm.

La lutte contre les foreurs des tiges, *via* les pratiques culturales, vise à rendre l'environnement défavorable à ces ravageurs à travers des interventions appropriées. Il s'agit de méthodes préventives, rarement utilisables comme moyens de lutte curatifs. Bien que ne permettant vraisemblablement pas, à elles seules, de réduire les populations de ravageurs en-deçà des seuils économiques, ces techniques constituent un élément important de tout système de lutte.

- Utilisation de variétés résistantes/tolérantes si disponible.
- Récolte précoce et élimination des résidus de cultures (principales sources de réinfestation des borers). Si les tiges sont laissées au champ, elles doivent être impérativement coupées au niveau du sol et couchées à terre, afin d'exposer les larves et chrysalides aux prédateurs et parasitoïdes mais aussi au soleil (effet de la température). Pour une durée de 4 semaines, le taux de mortalité des chenilles a été de 97 % sur maïs et 100 % sur sorgho.
- Enfouissement profond (> 15 cm) des résidus de récolte pour que les adultes ne puissent pas émerger.
- Application raisonnée d'engrais azoté.
- Application de scories de silicate de calcium (réduction de 44% du nombre de foreurs). Cette technique a montré son efficacité en parcelle d'expérimentation en Afrique du Sud.
- Utilisation de la technique du push-pull en plantant des rangées de *Melinis minutiflora* (herbe à miel, répulsif pour les femelles fécondées) dans les parcelles de maïs ou canne à sucre (push) et plantant du *Pennisetum purpureum* (herbe à éléphant) ou l'herbe du Soudan autour des champs de maïs comme plante piège (pull). L'ICIPE a montré par ailleurs que l'herbe du Soudan été très attractive pour les ennemis naturels des foreurs du maïs et peut servir comme réservoir de ces derniers pour les cultures.

- Rotation des cultures avec des plantes non-hôtes (arachide, niébé, coton) ou jachère avec mucuna pendant une saison.
- Association de culture avec des Légumineuses. Au Nigeria, l'association maïs-manioc a permis de réduire d'environ 50% le nombre de chenille d'*E. saccharina*, *Busseola* spp. et *S. calamistis* par rapport à du maïs en monoculture.

Ennemis naturels [18, 39, 51, 58, 60, 128, 154, 155, 185]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphanogmus trasides, *Cotesia sesamiae**, *Descampsina sesamiae*, *Denticasmius busseolae**, *Parallorhogas pyralophagus*, *Psilochalcis soudanensis*, *Procerobasmius nigromaculatus*, *Stenobracon rufus**, *Syzeuctus eldanae*, *Telenomus applanatus**, *Tetrastichus atriclavus*, *T. howardi*, *T. sesamiae*, *Trichogramma chilonis*, *T. mwanzai*, *Trichogrammatoidea australicum**, *T. eldanae*, *Xanthopimpla stemmator*.

Diptères parasitoïdes (Tachinaires) :

Paratheresia claripalpis, *Schembria eldana*, *Siphona murina*, *Sturmiopsis inferens*, *Sturmiopsis parasitica*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana.

Busseola phaia (fam. : Noctuidae)

Nom commun

Foreur des tiges de maïs.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : canne à sucre [14, 19, 58].

Secondaires :

- Maïs, sorgho, éleusine, mil et graminées sauvages (*Arundo donax*, *Cymbipogon nardus*, *Euclaena mexicana*, *Hyparrhenia rufa*, *Panicum maximum*, *Panicum* spp., *Pennisetum purpureum*, *Pennisetum* spp., *Phragmites* spp., *Rottboellia exaltata*, *Setaria megaphylla*, *Sorghum arundinaceum*, *S. verticilliflorum*, ...) [58].

Cycle [12, 185]

Chaque femelle de *B. phaia* pond en moyenne environ 200 œufs au cours de leur vie qui peut de deux à trois semaines. La ponte sur maïs est généralement concentrée sur des plantes de moins de 2 mois. La gaine foliaire dépliée des plus jeunes feuilles est la partie la plus attrayante pour le dépôt des œufs. Les œufs éclosent en 3 à 5 jours à 28°C et les larves se déplacent dans les verticilles pour se nourrir. Les larves du troisième stade creusent des galeries dans les tiges où elles se nourrissent pendant 3 à 5 semaines avant de se nymphoser dans les tiges.

Le papillon adulte émerge après une période nymphale de 7 à 14 jours d'un trou qu'il a confectionné avant sa nymphose. Les adultes s'accouplent quelques heures après l'émergence. La dispersion des adultes est principalement locale et sur de courtes distances. Cependant, de récentes expériences de lâcher-recapture au Kenya ont indiqué des distances de vol >10 km/nuit.

Dans des conditions favorables, le cycle de vie peut être achevé en 7 à 8 semaines. Mais par temps sec et/ou froid, les larves peuvent entrer dans une période de diapause de 6 mois ou plus dans les tiges et autres résidus végétaux.

Symptômes, dégâts [19, 40]

Les symptômes des foreurs des tiges du maïs, *Busseola* spp., sont facilement reconnaissables :

- des trous dans le sens des feuilles très caractéristiques de type « carreaux de fenêtre » (A).
- des trous de « chevrotines » dans le limbe des feuilles qui ont été rongés lorsqu'elles étaient enroulées.
- le symptôme du « cœur mort » où le haut du plant de maïs est tout desséché. (D).
- des galeries remplies d'excréments lorsqu'on fend avec une lame une tige de maïs (C).
- des excréments dans les épis, des dépôts de sciures (E) et des grains vides (F).

Figure 8 : Larves et dégâts sur feuilles, tiges et épis de maïs. Adultes de *Busseola phaia*.



Méthodes culturales

Voir méthodes décrites pour *E. saccharina*.

Ennemis naturels [18, 51, 58, 155, 185]

Hyménoptères parasitoïdes :

Bracon sesamiae, *Chelonus curvimaculatus**, *Cotesia chilonis*, *Cotesia flavipes**, *Cotesia sesamiae**, *Dentichasmias busseolae**, *Eurytoma braconidis*, *Glyptapanteles maculitarsis*, *Odontepyrus transvaalensis*, *Pediobius furrus**, *Procerochasmias nigromaculatus*, *Psilochalcis soudanensis*, *Telenomus busseolae*, *Tetrastichus sesamiae*, *Trichogramma mvanzai*, *Trichogrammatoidea lutea*, *Xanthopimpla stemmator**.

Diptères parasitoïdes (Tachinaires) :

Sturmiopsis parasitica.

Nom commun

Pyrale tachée de la tige du sorgho.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : sorgho, maïs [58, 185, 229].

Secondaires :

- Canne à sucre, riz, éleusine, mil à chandelle, petit mil et graminées sauvages (*Echinochloa pyramidalis*, *Hyparrhenia rufa*, *Megathyrsus maximus*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *Rottboellia compressa*, *Sorghum bicolor* subsp. *verticilliflorum*, *Sorghum halepense*, *Sorghum versicolor*, *Vossia cuspidata*) [58, 229].

Cycle [171, 177]

Les œufs sont pondus par lots à la surface des feuilles, généralement près de la nervure médiane. Ils éclosent après 4 à 10 jours. Les jeunes chenilles passent par 5 stades larvaires et se nourrissent initialement dans le verticille des feuilles. Les chenilles plus âgées quittent le verticille, pénètrent dans la tige, creusent des galeries en se nourrissant de la pulpe pendant 2-3 semaines. En conditions de laboratoire (26 à 28°C et 65% HR), la durée du stade larvaire est d'environ 21 à 23 jours et le stade nymphal de 6 à 9 jours en moyen. Lorsque les larves sont complètement développées, elles se nymphosent et restent à l'intérieur de la tige de la céréale. Pendant la saison sèche, les larves peuvent entrer en diapause pendant plusieurs mois et ne se nymphoser qu'avec le début des pluies.

Après 7-14 jours, les adultes émergent des pupes et sortent de la tige. Ils sont actifs la nuit et se reposent sur les plantes et les débris végétaux pendant la journée. La durée de vie des papillons est d'environ 2 à 3 jours.

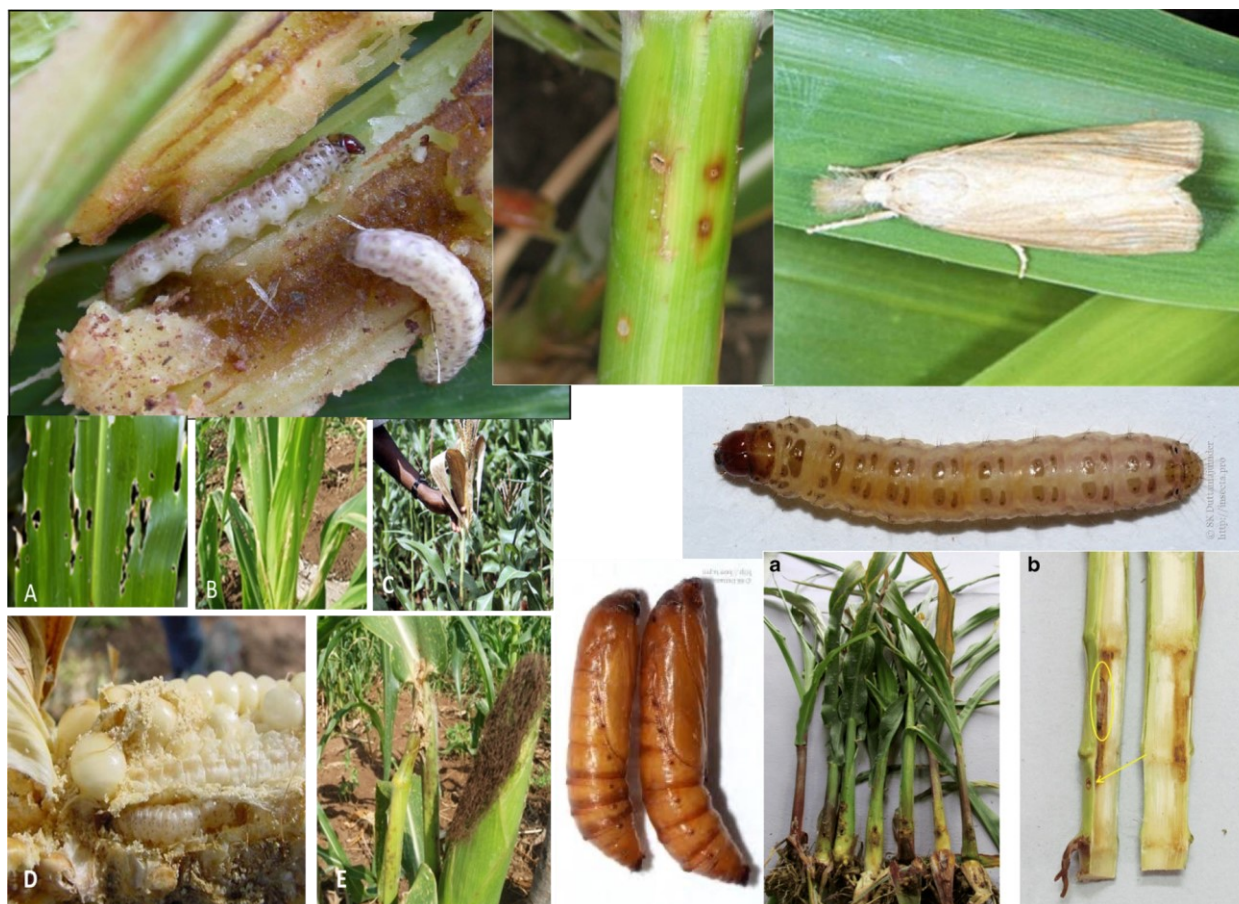
L'ensemble du cycle de vie prend environ 36 à 41 jours, avec une valeur moyenne en laboratoire de 37 jours. Dans la nature le cycle est plutôt de 4 à 6 semaines, variant en fonction de la température et d'autres facteurs (nourriture, hygrométrie, ...). Cinq générations successives ou plus peuvent s'observer lorsque les conditions favorables (eau et abondance de plantes-hôtes).

Symptômes, dégâts [171, 185]

Ils sont caractérisés par :

- la présence de trous d'aiguilles ou de trous de mine de forme irrégulière, causés par l'alimentation des larves à un stade précoce dans le verticille.
- des lésions allongées sur les feuilles. Les plantes infestées semblent en lambeaux et détériorées.
- la destruction du point de croissance et l'apparition du symptôme caractéristique du cœur mort.
- de vastes galeries dans les tiges et les épis de maïs.

Figure 9 : Larves, chrysalides (mâle et femelle) et adulte de *C. partellus*. Dégâts sur maïs.



Méthodes culturales [65, 172, 185]

- Utilisation de variétés de maïs et sorgho peu sensibles si disponibles.
- Utilisation de la technique du push-pull avec du *Desmodium intortum*, *D. uncinatum* ou de l'herbe à mélasse (push) et du *Pennisetum purpureum* ou du *Brachiaria* spp. (pull).
- Piégeage des adultes (phéromones) pour surveiller la dynamique des populations.
- Association de culture avec des Légumineuses (dolique, arachide et niébé) réduit le nombre d'œufs pondus sur maïs ou sorgho. le nombre de larves néonates arrivées sur le sorgho ou le maïs diminue avec la distance niébé-céréales. La ponte de *C. partellus* sur des cultures non-hôtes est l'un des mécanismes de sa diminution d'abondance en culture intercalaire
- Enfouissement profond des chaumes de céréales après la récolte détruit les larves en diapause.

Ennemis naturels [18, 51, 58, 185, 197]

Hyménoptères parasitoïdes :

Apanteles diatraeae, *Bracon albolineatus*, *Cotesia flavipes**, *Cotesia sesamiae**, *Campoplex collinus*, *Dentichasmias busseolae**, *Eurytoma braconidis*, *Pediobius furvus**, *Stenobracon rufus**, *Stenobracon deesae**, *Tetrastichus atriclavus*, *T. howardi*, *T. israeli*, *T. sesamiae*, *Trichogramma bourneri*, *T. chilonis*, *Trichogramma evanescens**, *T. mvanzai*, *T. nagarkattii*, *T. perkinsi*, *Trichogrammatoidea australicum**, *T. lutea*, *Trichospilus diatraeae**, *Tropobracon comorensis*, *Xanthopimpla stemmator**.

Diptères parasitoïdes (Tachinaires) :

Lixophaga diatraeae.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Aspergillus flavus, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Granulosis virus*, *Serratia marcescens*.

Nom commun

Foreur des tiges du sorgho et du maïs.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : sorgho, maïs [58, 87, 88, 229].

Secondaires :

- Canne à sucre et graminées sauvages (*Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*) [58, 87, 88].

Cycle [87]

Le cycle de vie de *C. orichalcociliellus* est généralement semblable à celle décrite pour *C. partellus*.

Symptômes, dégâts [88]

Ils sont caractérisés par :

- la présence de trous d'aiguilles ou de trous de mine de forme irrégulière, causés par l'alimentation des larves à un stade précoce dans le verticille.
- des lésions allongées sur les feuilles. Les plantes infestées semblent en lambeaux et détériorées.
- la destruction du point de croissance et l'apparition du symptôme caractéristique du cœur mort.
- de vastes galeries dans les tiges et les épis de maïs.

Figure 10 : Larves, chrysalides et adulte de *C. orichalcociliellus*. Dégâts sur maïs et canne à sucre.



Méthodes culturales [185]

- Utilisation de cultivars moins sensibles au ravageur si disponible.
- Utilisation de la technique du push-pull avec du *Canavalia ensiformis*, *Desmodium intortum* ou niébé (push) et la graminée *Erianthus arundinaceus* (pull).
- Piégeage des adultes (phéromones) pour surveiller la dynamique des populations.
- Association de culture avec des Légumineuses (dolique, arachide et niébé) réduit le nombre d'œufs pondus sur maïs ou sorgho.
- Destruction des résidus de culture (enfouissement => mort des larves diapausantes et chrysalides).

Ennemis naturels [18, 58, 88, 185]

Hyménoptères parasitoïdes :

Brachymeria sp., *Chelonus* sp*, *Cotesia chilonis*, *Cotesia flavipes**, *Cotesia sesamiae**, *Dentichasmias busseolae**, *Invreia soudanensis**, *Itopectis naranyae**, *Pediobius furrus*, *Syzeuctus gaullei**.

Diptères parasitoïdes (Tachinaires) :

Atherigona sp.*, *Sturmiopsis parasitica*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Aucun agent connu à ce jour.

Maliarpha separatella (fam. : Crambidae)

Nom commun

Foreur du riz.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : riz [14, 17, 53, 58].

Secondaires :

- Sorgho et graminées sauvages (*Andropogon tectorum*, *Oryza barthii*, *Oryza longistaminata*, *Oryza punctata*) [17, 53, 58].

Cycle [53, 185, 193]

Les femelles pondent sur la surface supérieure des feuilles en rangées parallèles, généralement dans la zone médiane. Les œufs sont pondus la nuit, par groupes de 2-120 ooplaques. La taille moyenne d'une ponte est de d'environ 40 œufs. L'incubation dure de 7 à 10 dans les conditions naturelles. Les larves néonates sont translucides et de teinte blanchâtre avec capsule céphalique brun foncé, presque noir. En grandissant, elles virent ensuite au jaune. Les larves perforent un trou et rentrent dans les tiges. Elle se développent en se déplaçant entre les entre-nœuds. Certaines larves migrent vers les 2^{ème} et 3^{ème} entre-nœuds au cours des derniers stades de croissance de la culture. Les larves se nourrissent pendant environ 45 à 60 jours, en passant par 5 à 7 stades larvaires. En condition d'élevage sur milieu artificiel bien conduit en laboratoire, le développement larvaire dure environ 3 semaines. Cette donnée est en fait très subjective car la variabilité mesurée au champ est grande, les larves dépendent en effet beaucoup des conditions du milieu. Une mauvaise alimentation, certaines maladies et un microclimat peu favorable peuvent ralentir ou même bloquer le développement pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois. La connaissance précise de la durée des différents stades larvaires n'offre donc en définitive qu'assez peu d'intérêt agronomique.

Les larves actives ont une apparence assez différente des larves en diapause, qui sont lentes, d'un blanc laiteux et ont un corps ridé.

La nymphose a lieu dans la tige, généralement dans la partie basse du pied de riz, au niveau du collet. La nymphe est entourée par un cocon soyeux, elle est de teinte brune assez claire. Juste avant la nymphose, la larve fait un

trou dans la tige pour permettre à l'adulte d'émerger. Elle se nymphose avec sa tête juste en dessous de ce trou de sortie. Le stade nymphal dure environ 12 jours ou 32-65 jours selon certains auteurs. L'ensemble du cycle de vie dure environ 40-90 jours.

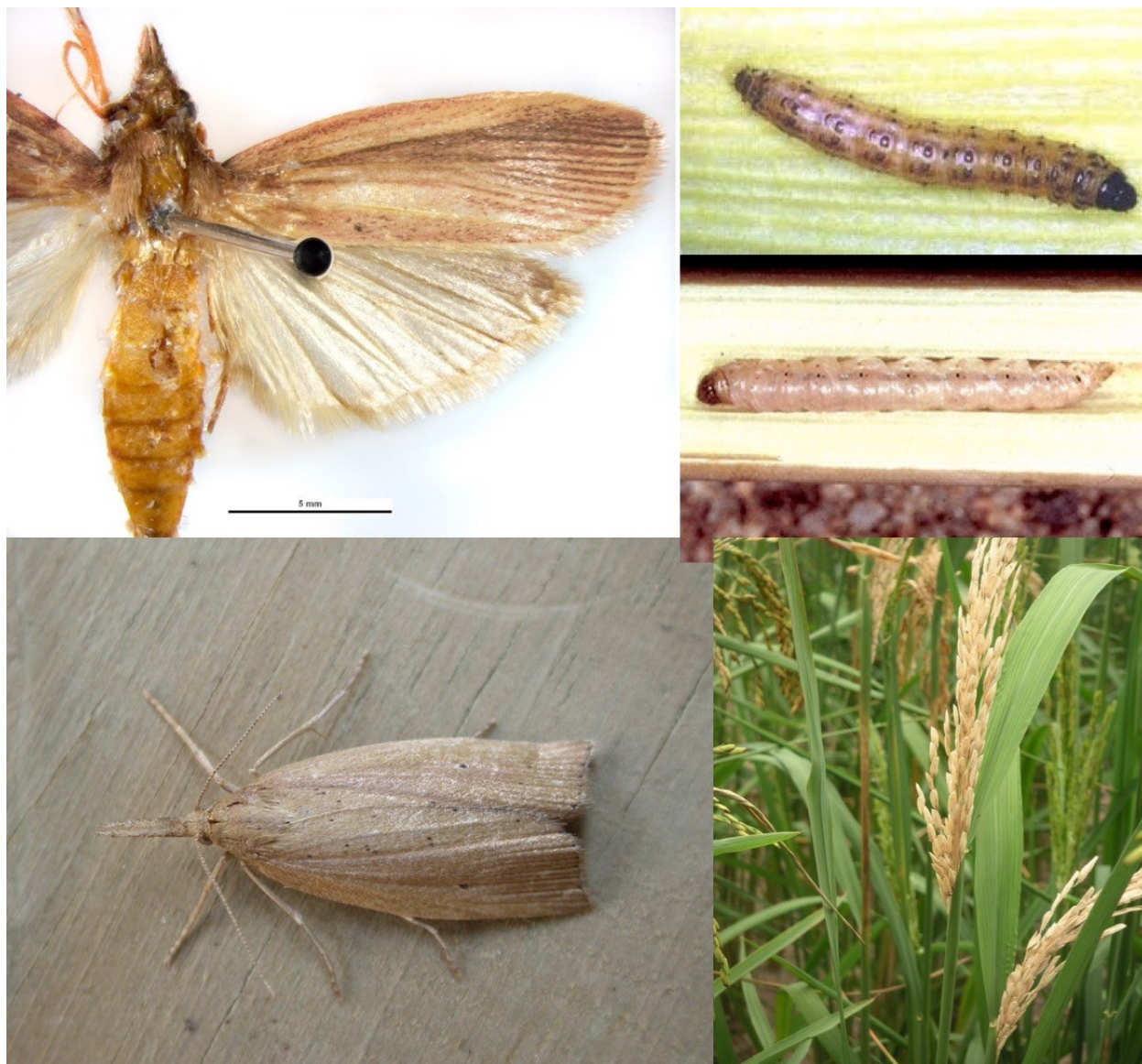
Chaque femelle peut déposer 1 à 6 masses d'œufs au cours de leur vie et commencer à pondre la deuxième nuit après l'émergence. Les femelles sont plus attirées par les semis de riz très espacés avec peu de talles que par les plants touffus et densément semés et pondent sur la surface supérieure des feuilles, en rangées parallèles.

Symptômes, dégâts [17, 53, 185, 193]

Ils sont caractérisés par :

- la perforation assez caractéristique du limbe foliaire.
- l'enroulement caractéristique du limbe après la ponte, lorsque le ciment qui colle les œufs se rétracte en séchant. Les feuilles se trouvent « pincées » à ce niveau.
- les lumières des entre-nœuds attaquées contiennent beaucoup d'excréments.
- le symptôme de la panicule blanche.

Figure 11 : Larves, chrysalides (mâle et femelle) et adulte de *M. separatella*. Dégâts sur riz



Méthodes culturales [53, 185, 193]

- Utilisation de variétés moins sensibles si disponibles.
- Désherbage dans et autour des parcelles pour éliminer les plantes hôtes sauvages.
- Piégeage des adultes (phéromones) pour surveiller la dynamique des populations.
- Destruction des chaumes (brûlis, inondation, pâturage, arrachage à la houe,..) après récolte.

Ennemis naturels [17, 58, 185, 193, 195]

Hyménoptères parasitoïdes :

*Bracon testaceorufatus**, *Bracon chinensis* (Indes : riz), *Chelonus maudae**, *Cotesia chilonis* (Indes : riz), *Goniozus indicus**, *Invreia soudanensis**, *Itopectis naranyae**, *Lathromeris ovicida**, *Mesobraconoides psolopterus*, *Phanerotoma saussurei**, *Pristomerus bullis**, *P. caris**, *Rhaconotus carinatus**, *R. niger**, *R. scirpophagae**, *Telenomus bini*, *Telenomus applanatus**.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana, *Venturia jordanæ**.

Parapoynx stagnalis [syn. : *Nymphula depunctalis*] (fam. : Crambidae)

Nom commun

Pyrale des feuilles du riz, Ténia du riz. Deux espèces ont été mentionnées à Madagascar, *Parapoynx fluctuosalis* et *Parapoynx stagnalis* sur riz.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : riz [17, 52, 58].

Secondaires :

- Nombreuses graminées sauvages (*Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *C. iria*, ...) [58].

Cycle [58]

La femelle dépose généralement 150 œufs en grappes de 50 à 20 sur la surface inférieure des feuilles en contact direct avec la surface de l'eau. Les œufs éclosent au bout de 2-6 jours. A l'éclosion, la jeune chenille (de couleur vert pale translucide avec une tête jaune) découpe un morceau de feuille de riz pour s'y enrouler comme dans un fourreau en scellant les bords avec du matériel soyeux et ne laissant ouvert que le bout antérieur. La larve s'installe dans l'enveloppe tubulaire cylindrique où elle est protégée lorsqu'elle se déplace de feuille en feuille ou lorsqu'elle flotte sur l'eau. La larve de *P. stagnalis* est aquatique. Il y a de l'eau dans le fourreau, ce qui lui facilite la respiration de la larve par le biais de branchies filiformes situées le long de son corps. Par conséquent, la larve peut se disperser dans l'eau.

Les larves se nourrissent en grattant la face inférieure des feuilles, ne laissant intact que l'épiderme. La larve atteint son développement final après 14-20 jours de prise active de nourriture. Elle atteint sa longueur maximale de 10-12 mm. La chenille passe par six stades larvaires. A chaque mue, la larve se débarrasse de son fourreau et en fabrique un nouveau.

Avant la nymphose, l'étui est attaché à la gaine foliaire au-dessus du niveau de l'eau et ses deux extrémités sont bouchées. A l'intérieur du fourreau, la larve tisse un cocon et entre pupaison. La période nymphale dure environ une semaine. Après 4-7 jour de nymphose, l'adulte émerge de la chrysalide généralement de couleur crème. Les adultes, de petits papillons blanchâtres mesurant entre 6 et 10 mm et ayant des taches de couleur brun-noirâtre sur les ailes, vivent en moyenne 4 à 6 jours.

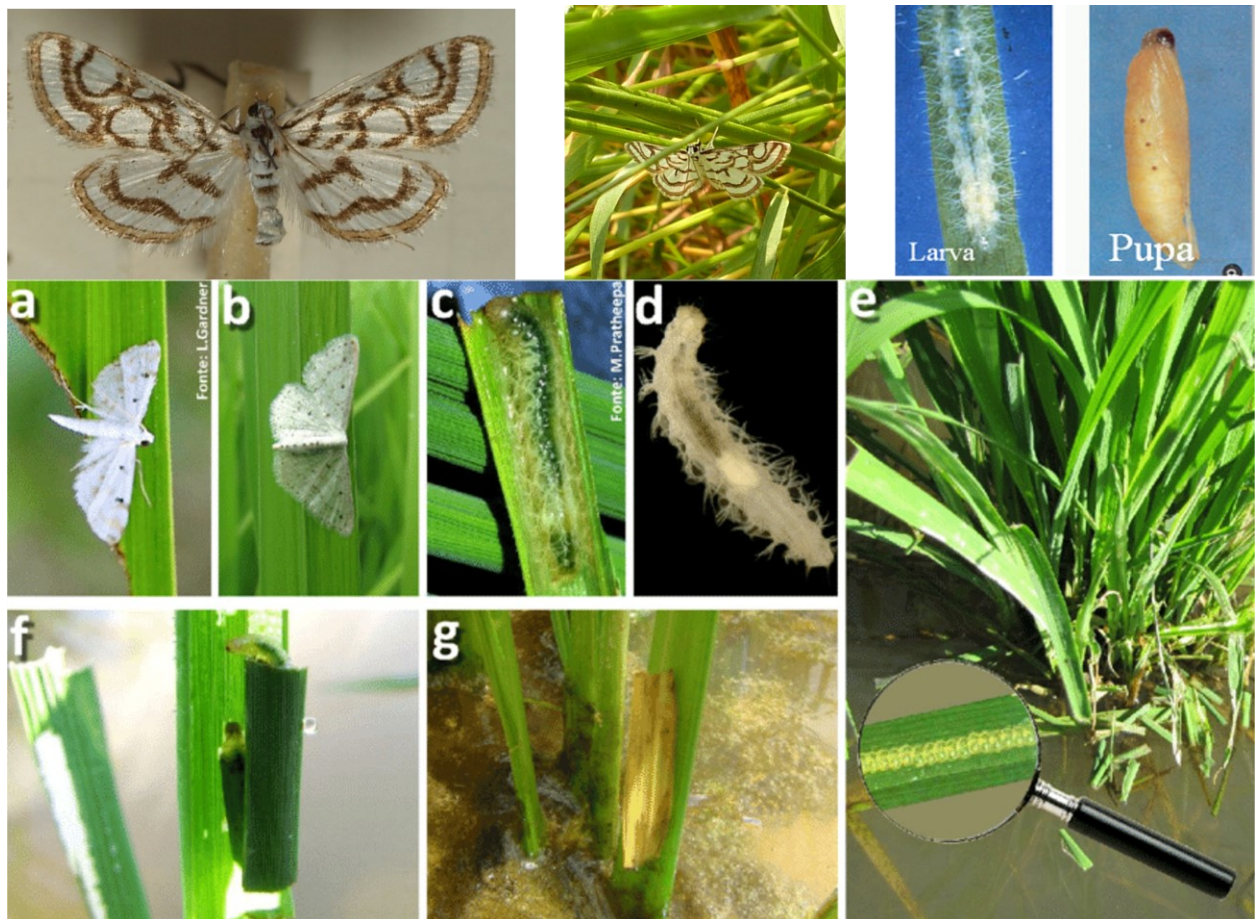
Le cycle de vie complet dure environ 35-40 jours.

Symptômes, dégâts [52, 58, 129, 194]

P. stagnalis signe ses dégâts d'une manière tout à fait caractéristique :

- des feuilles de riz cisailées à angle droit (construction du fourreau).
- les plantes infestées apparaissent de couleur blanchâtre en raison du grattage de la partie verte de la feuille.
- des rizières jonchées de débris foliaires (fourreaux) qui se déplacent d'un pied de riz à l'autre.
- les zones post-infestées montrent une floraison inégale.

Figure 12 : Larves, chrysalides et adulte de *P. stagnalis*. Dégâts sur riz



Méthodes culturales [58, 205]

- Utilisation de variétés moins sensibles si disponibles.
- Destruction des adventices autour des rizières pour éliminer les graminées sauvages qui agissent comme hôte alternatif.
- Vidange de l'eau stagnante de la rizière est très efficace pour réduire les chenilles flottantes.
- Piégeage des adultes pour surveiller la dynamique des populations.
- Destruction des chaumes (brûlis, inondation, pâturage, arrachage à la houe,..) après récolte.
- Rotation des cultures avec des plantes non-hôtes pendant au moins un cycle.

Ennemis naturels [58, 62, 195]

Hyménoptères parasitoïdes :

Apanteles amaris, *Trichogramma chilostraeae*, *T. evanescens*, *Trichogrammatoidea australicum**.

Nom commun

Pyrâle du haricot.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : niébé, haricot [58, 99, 100].

Secondaires :

- Pois d'Angole, pois du Cap, dolique lablab, ricin et de nombreuses plantes-hôtes non cultivées ou spontanées (*Abutilon mauritianum*, *Afromosia laxiflora*, *Andira inernis*, *Annona senegalensis*, *Canavalia ensiformis*, *C. virosa*, *Cassia occidentalis*, *C. obtusifolia*, *Centrosema pubescens*, *Crotalaria goreensis*, *C. retusa*, *Eriosema psoraloides*, *Dolichos africanus*, *Gardenia erubescens*, *Lonchocarpus cyanescens*, *L. sericeus*, *Milletia thonningii*, *Parkia africana*, *Pericopsis laxiflora*, *Phaseolus adenanthus*, *Pseudovigna argentea*, *Pterocarpus erinaceus*, *Pueraria phaseoloides*, *Rhynchosia minima*, *Tephrosia bracteolata*, *T. T. candida*, *T. humilis*, *T. platycarpa*, *T. purpurea*, *Vigna racemosa*) [20, 58, 99, 100].

Cycle [30, 221, 237]

La femelle de *M. vitrata* préfère une forte humidité et des températures modérées (20 à 24°C) et ne s'accouple qu'une seule fois entre la 2^e et la 5^e nuit suivant son émergence. Elle peut pondre pendant 3 à 7 jours, 120 à 200 œufs. Les œufs sont déposés sur les parties aériennes de la plante-hôte et très difficilement repérables. Ils éclosent au bout de 2-5 jours. Cette éclosion est favorisée par des phénomènes pluviométriques et par une forte hygrométrie en particulier matinale. Les premiers stades larvaires sont blanc ternes voire translucides. Les larves matures de 17 à 20 mm de long sont de couleur blanchâtre à vert pâle ou brun pâle. Les larves sont facilement reconnaissables à leur capsule céphalique brun foncé et à la plaque prothoracique brun foncé divisée dorsalement. Les jeunes larves se nourrissent de tiges tendres et boutons floraux. Plus âgées, elles perforent les gousses et se nourrissent des graines à l'intérieur. La durée du stade larvaire est d'environ 8-16 jours, mais les larves peuvent vivre pendant 2 à 3 semaines. La chenille passe par 5 stades larvaires dont la durée de chacun des stades est variable selon la plante-hôte et les conditions climatiques. La larve devient verte et perd ses taches noires un à deux jours avant sa transformation en chrysalide.

Par la suite, la chrysalidation se fait dans les gousses ou dans le sol et dure entre 5 à 10 jours. Les adultes ont une activité nocturne avec un pic aux alentours de 02h00 et 03h00 du matin. La durée maximale de la vie de l'adulte est d'environ une semaine et est fonction du sexe. La durée totale du cycle de *M. vitrata* (de l'œuf à l'adulte) varie entre 23 et 30 jours. Elle peut atteindre 50 jours suivant les conditions alimentaires et climatiques. Certains auteurs mentionnent que le niveau des populations de *M. vitrata* est élevé durant la saison des pluies et deviendrait bas en saison sèche. Il existerait selon eux, une corrélation positive entre la pluviosité, l'hygrométrie et les populations larvaires de *M. vitrata*.

Symptômes, dégâts [29, 30, 221, 237]

Ils sont caractérisés par :

- des blessures au niveau des pousses terminales et des boutons floraux (1^{er}, 2^e et 3^e stades).
- des dégâts sur fleurs ouvertes et des perforations sur gousses (4^e et 5^e stades larvaires).

Figure 13 : Larves et adulte de *M. vitrata*. Dégâts sur haricot et niébé.



Méthodes culturales [21, 29, 30, 180, 215, 221]

- Utilisation de cultivars résistants/tolérants.
- Association de culture (niébé + sorgho).
- Mis en place un système de piégeage efficace qui renseigne sur les premiers vols d'adultes. Cette technique permet de positionner un insecticide à base de Bt ou d'extrait de neem sur les jeunes larves (stade 1 et 2) pendant leur stade baladeur.
- Rotation de culture avec des plantes non-hôtes comme les céréales.

Ennemis naturels [20, 21, 32, 46, 58, 126, 135, 140, ...]

Hyménoptères parasitoïdes :

Bassus bruesi, *B. relativus*, *Bracon cajani* (Cap Vert, Fidji, Hawaï, Maurice : Légumineuses), *Bracon hebetor**, *Chelonus busckii*, *Cotesia ruficornis**, *Macrocentrus ancylivora*, *Phanerotoma bennetti*, *Tetrastichus sesamiae*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Neozygites fresenii.

Nom commun

Azuré porte-queue, azuré du haricot, argus porte-queue, lycène des pois.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : pois d'Angole, niébé, haricot commun [58, 89, 99, 100].

Secondaires :

- Pois, pois du Cap, dolique lablab, pois fourrager et de nombreuses plantes-hôtes non cultivées ou spontanées (*Canavalia spp.*, *Cicer arietinum*, *Colutea arborescens*, *Crotalaria juncea*, *Derris elliptica*, *Glycine max*, *Lantana camara*, *Lathyrus latifolius*, *L. odoratus*, *L. salicaria*, *L. tuberosus*, *Medicago sativa*, *Psophocarpus sp.*, *Sesbania sesban*, *Spartium junceum*, *Ulex europaeus*) [58, 89, 99, 100, 162].

Cycle [162, 212]

Il est présent dans toute l'Afrique, dans la partie sud de l'Espagne, de la France, de l'Italie, les îles et les côtes méditerranéennes, la Turquie, et tout le sud de l'Asie et jusqu'en Australie.

Le stade de l'œuf dure environ 5 à 8 jours et le stade larvaire de 15 à 25 jours. Le stade prépupal et nymphal dure 8 à 11 jours et le stade adulte de 2 à 5 jours. Leurs œufs sont pondus principalement sur les calices et les boutons floraux des légumineuses, mais aussi dans les jeunes gousses de haricot. Les larves sont apodes et elles s'enfoncent dès les premiers stades dans les boutons floraux et les gousses de haricots. Les larves matures se nymphosent dans les mauvaises herbes ou dans des anfractuosités du sol.

La durée d'une génération est de 30-50 jours. Le ravageur présente 8 à 9 générations chaque année dans les régions tropicales.

Symptômes, dégâts [89, 212]

Les larves de *L. boeticus* se nourrissent des boutons floraux, des fleurs, et creusent des galeries dans les gousses des plantes-hôtes. Les larves peuvent causer des dommages considérables aux bourgeons, aux fleurs et aux gousses du niébé et du pois d'Angole. La plupart des boutons floraux endommagés par des trous d'épingle contiennent souvent de petites larves (premier et deuxième stade), tandis que les boutons floraux présentant des dommages moyens contiennent plutôt des larves de troisième stade.

Les rendements peuvent chuter de 60-90%.

Ils sont caractérisés par :

- la présence de trous dans les boutons floraux et les gousses qui signalent l'émergence du ravageur.
- des dépôts d'excréments larvaires au point d'entrée, généralement situé à proximité du bout de la gousse.
- une décoloration noire qui est une bonne indication du pourrissement de la gousse.

Figure 14 : Larves et adulte de *L. boeticus*. Trois parasitoïdes efficaces sur les œufs et larves de *L. boeticus*



Méthodes culturales [89]

- Utilisation de cultivars résistants/tolérants.
- Association de culture (niébé + sorgho).
- Utilisation de la technique push-pull avec des haies-vives de plantes répulsives (ail, absinthe,..) et plantes pièges (*Desmodium*).
- Rotation de culture avec des plantes non-hôtes comme les céréales.

Ennemis naturels [58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Trichogramma minutum, *Trichogrammatoidea armigera*, *T. guamensis*, *T. nana*.

Diptères parasitoïdes :

Pseudoperichaeta nigrolineata.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis.

Nom commun

Teigne des crucifères, teigne du chou, teigne du colza.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : Brassicacées, choux, chou pommé, chou-fleur, chou de chine, chou chinois, chou fourrager, brocoli, chou rave, chou de Bruxelles, colza, cresson d'eau, moutarde blanche, moutarde noire, moutarde brune, navet, radis d'hiver, raifort sauvage [19, 58, 99, 100, 204].

Secondaires :

- Laitue, petit pois, radis, gombo, cresson de terre et autres Crucifères sauvages [58, 99, 100, 204].

Cycle [130]

Les œufs de couleurs jaunes sont déposés à la surface des feuilles par petits groupes de 2 à 10. L'éclosion a lieu 3 jours après la ponte sous les climats tropicaux. Cinq stades larvaires se succèdent en 6 à 10 jours. Les larves sont de couleur verte et mesurent environ 1 cm de long. Voraces, elles peuvent consommer une grande partie du feuillage. Les chrysalides sont protégées dans un cocon. Le stade pupale dure environ 4 jours sous les tropiques.

Les accouplements débutent le jour même de l'émergence des adultes qui mesurent environ 1 cm, ceci au moment du coucher de soleil. Dans les 10 jours suivants, les femelles vont pondre de 160 à 288 œufs. Ce Lépidoptère peut effectuer 30 générations sous les climats tropicaux et subtropicaux.

Symptômes, dégâts [19, 130, 204]

Ils sont caractérisés par :

- des feuilles trouées, découpées consécutivement à la consommation du limbe par les larves réduisant à terme considérablement le rendement.
- l'ensemble du limbe peut être consommé en cas de forte infestation, seules les nervures principales n'étant pas attaquées.
- la mort de plantules et de plantes lors d'attaques particulièrement sévères.

Figure 15 : Larves de dernier stade et adulte de *P. xylostella*. Dégâts sur choux.



Méthodes culturales [2, 130, 168, 204]

- Contrôler la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans la parcelle.
- Mise en place de cultures « écran » en inter-rangs afin de réduire la pression des insectes, par exemple des pieds de tomate.
- Mise en place de haies-vives florales (tanaisie, menthe poivrée, phacélie, Alysse, crotalaire) pour implantation d'auxiliaires (insectes et/ou oiseaux).
- Installation de toiles insect-proof en pépinière et/ou en plein champ.
- Utilisation de cultures pièges (moutarde blanche en bandes alternées).
- Rotations de cultures avec des plantes non-hôtes.
- Utilisation de pièges à phéromones sexuels spécifiques pour détecter les premiers papillons.
- Utilisation de pièges à phéromones (4 à 6 pièges/ha) pour détecter les premiers papillons et réalisation d'un traitement de biocontrôle (seuil d'intervention : 10 papillons/semaine/piège).
- Pulvérisation de produits bioinsecticides à base de spinosad ou de benzoate d'émamectine.

Ennemis naturels [58, 130]

Hyménoptères parasitoïdes :

Dibrachys cavus, *Brachymeria boranensis*, (Hawaï : Brassica), *Trichogrammatoidea armigera*, *Triclistus xylostellae*, *Diadegma eucerocephala* (Indonésie Malaisie, Taiwan : Brassicacées, chou), *Cotesia marginiventris*, (Cap Vert : chou), *Cotesia plutellae* (Australie, Bahamas, Barbade, Belize, Costa Rica, Grenade, Guam, Guyana, Hawaï, Honduras, Jamaïque, Malaisie, Papouasie Nouvelle Guinée, Sri Lanka, Taiwan, Thaïlande : Brassicacées, chou, chou-fleur, ananas), *Cotesia ruficornis**19, *Diadromus collaris* (Australie, Barbade, Dominique, Fiji, Grenade, Guam, Guyana, Hawaï, Honduras, Jamaïque, Malaisie, Nouvelle Zélande, Papouasie Nouvelle Guinée, Sri Lanka, Tasmanie, Tonga, Trinidad & Tobago, Taiwan, Thaïlande USA, Zambie : Brassicacées, chou, ananas), *Trichogramma pretiosum*.

Coccinellidae prédatrices :

Coccinella septempunctata, *Hippodamia convergens*, *Harmonia axyridis*.

Punaises prédatrices :

Nabis kinbergii, *Orius insidiosus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis, *Bacillus cereus*, *Baculovirus*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Erynia radicans*, *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium flavoviride**, *Nucleopolyhedrosis virus*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Pandora blunckii*.

Tuta (Phthorimaea) absoluta (fam. : *Gelechiidae*)

Nom commun

Mineuse de la tomate, Mineuse sud-américaine de la tomate.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : tomate, aubergine [58, 71, 99, 100, 322].

Secondaires :

- amarante verte, aubergine, betterave, melon, poire, piment, pignon d'Inde, poivron, pomme de terre, physalis, sorgho d'Alep, et autres plantes hôtes alternatives (*Amaranthus spinosus*, *Blitum bonus-henricus*, *Cheopodium bonus-henricus*, *C. rubrum*, *Convolvulus arvensis*, *Datura ferox*, *D. stramonium*, *Lycium chilense*, *Nicotiana*

* Ennemis naturels endémiques à Madagascar ou ayant fait l'objet d'une introduction avec établissement avéré.

glauca, *Solanum aculeatissimum*, *S. aethiopicum*, *S. coagulans*, *S. coccineum*, *S. dubium*, *S. elaeagnifolium*, *S. habrochaites*, *S. nigrum*, *S. sarrachoides*, *S. supinum*, *S. woronowii*, *Sonchus oleraceus*, *Xanthium strumarium*) [58, 71, 97, 99, 100].

Cycle [71, 157, 322]

Une femelle peut pondre jusqu'à 250-260 œufs au cours de sa vie. Ils sont alors déposés sur la partie aérienne des plantes. De ces œufs vont éclore au bout 3-4 jours (30°C et 25°C) des chenilles qui vont creuser des galeries dans les feuilles, tiges et fruits. Entre chaque stade larvaire les chenilles sortent de leurs galeries pour en creuser de nouvelles. Les larves passent par 4 stades avec des couleurs différentes. D'abord blanc crème, puis verte et enfin rose claire. Au dernier stade, la chenille a une ligne rougeâtre sur le dos et une bande noire derrière la tête. Après une quinzaine de jour, les larves se nymphosent soit sur les feuilles, soit dans les mines, soit au sol. La chrysalide est de couleur brune et de 4 à 5 mm de long, parfois dans un cocon blanc.

Au bout d'une dizaine de jours, l'adulte émerge.

Le duré du cycle de *Tuta absoluta* varie en fonction des températures. Il est d'environ 26-20 jours pour des températures comprises entre 25°C et 30°C. La durée du cycle peut monter à 42 jours si les températures descendent à 20°C. Ainsi, une année peut comporter 10 à 12 générations.

Symptômes, dégâts [71, 85, 97, 157, 322]

Ils sont caractérisés par :

- des dégâts sur feuilles sont des mines de formes irrégulières (plages blanchâtres décolorées nettement visibles) plus ou moins larges avec présence d'excréments (les déjections sont regroupées dans un petit coin de la galerie) et parfois avec présence de la chenille. Les larves dévorent seulement le parenchyme en laissant l'épiderme de la feuille. Par la suite, les folioles attaquées se nécrosent entièrement.
- des galeries se nécrosent et prennent une teinte sombre. Les feuilles puis la plante peuvent finir par se dessécher et dépérir en cas de fortes attaques.
- des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface des fruits. Les tomates sont susceptibles d'être attaquées dès leur formation jusqu'à la maturité. Une larve peut provoquer des dégâts sur plusieurs fruits d'un même bouquet.

Figure 16 : Larves (L2, L3 et L5) et adulte au repos de *T. absoluta*. Dégâts sur fruits et feuilles.



Méthodes culturales [2, 49, 71, 85, 115, 157, 203, 322]

- Contrôle des plants en pépinière avant introduction au champ.
- Utilisation de filets anti-insectes pour protéger la pépinière, mais aussi la culture.
- Mise en place de confusion sexuelle en utilisant un grand nombre de pièges à phéromones sexuelles (Koppert, BioBest et Kenya Biologics limited).
- Observation minutieuse des cultures et repérage des premiers dégâts sur plante pour optimiser les interventions.
- Élimination et destruction des feuilles/tiges touchées (en début d'attaque) afin de réduire les populations de chenilles.
- Utilisation de diffuseurs de phéromones + pièges à eau (25 pièges/ha) où les papillons se noient. Technique de capture physique utilisée de façon préventive afin de retarder les infestations ou en appoint des autres méthodes de biocontrôle afin de réduire la population d'adultes pendant les pics d'infestations.
- Piégeage lumineux (10 lampes UV/ha) pour capturer mâles et femelles.
- Élimination des mauvaises herbes hôtes (morelle noire, datura, ...) et les repousses de tomate ou pomme de terre susceptibles d'héberger *T. absoluta*.
- Élimination des déchets végétaux (feuilles, tiges et fruits) et résidus de récolte de la parcelle pour éviter de nouvelles réémergences. Destruction par brulage hors des parcelles.
- Travail léger du sol ou solarisation permet de détruire les chrysalides.
- Application d'huile essentielle de clous de girofle sur les larves (mortalité totale en laboratoire).

Ennemis naturels [58, 71, 85, 109, 157]

Hyménoptères parasitoïdes :

Agathis fuscipennis, *Bracon lucileae*, *Dolichogenidea gelechiidivoris*, *Elachertus pulcher*, *Necremnus tutae*, *Neochrysocharis formosa*, *Trichogramma achaeae*, *Trichogramma pretiosum*.

Punaises prédatrices :

Coccinella septempunctata, *Hippodamia convergens*, *Harmonia axyridis*.

Punaises prédatrices :

Nesidiocoris tenuis, *Macrolophus pygmaeus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis var. *kurstaki*, *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*, *Beauveria bassiana*, *Granulosis virus*, *Metarhizium anisopliae**.

9.1.2 Les Hémiptères : Pucerons, Aleurodes, Psylles, Cochenilles et Punaises

Myzus persicae (fam. : Aphididae)

Nom commun

Puceron gris du pêcher, Puceron vert du pêcher.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : arachide, aubergine, asperge, céleri, chicoré, chou chinois, coriandre, coton, épinard, gombo, haricot, pois d'Angole, papaye, pastèque, patate douce, pêche, piment, poivron, pomme, pomme de terre, prune, taro, tomate [17, 19, 58, 99, 100, 204].

Secondaires :

- Avocat, canne à sucre, carotte, citrus, haricot, laitue, prune, tabac, maïs et autres plantes hôtes sauvages (*Asclepias meadii*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium* spp., *Convolvulus* spp., *Euphorbia* spp.) [17, 58, 99, 100].

M. persicae est un vecteur efficace de plus de 100 virus (Papaya ring spot virus, Lettuce mosaic virus, Potato leaf roll virus, ...) sur plus de 40 familles de plantes.

Cycle [130, 168, 208, 224]

Le cycle de développement de *M. persicae* se caractérise par un mécanisme particulier de reproduction (polythéismes) qui lui donne la propriété de se reproduire de deux façons alternées : sexuée et asexuée.

Sa phase pré-reproductive (4 stades larvaires de L1 à L4) dure entre 7 à 10 jours. La durée de vie de *M. persicae* est en moyenne de 20 à 30 jours. Cependant, la durée pré-reproductive et la durée reproductive (stade imago) varient en fonction des conditions climatiques, de la disponibilité en ressources alimentaires et divers autres facteurs.

En lien étroit avec le spectre de leurs plantes-hôtes, un cycle de vie, holocyclique, hétéroecique et flexible, permet à *M. persicae* de s'adapter aux diverses conditions et contraintes environnementales de son milieu (conditions climatiques défavorables, surpopulation, limitation des ressources, attaques des prédateurs, etc.).

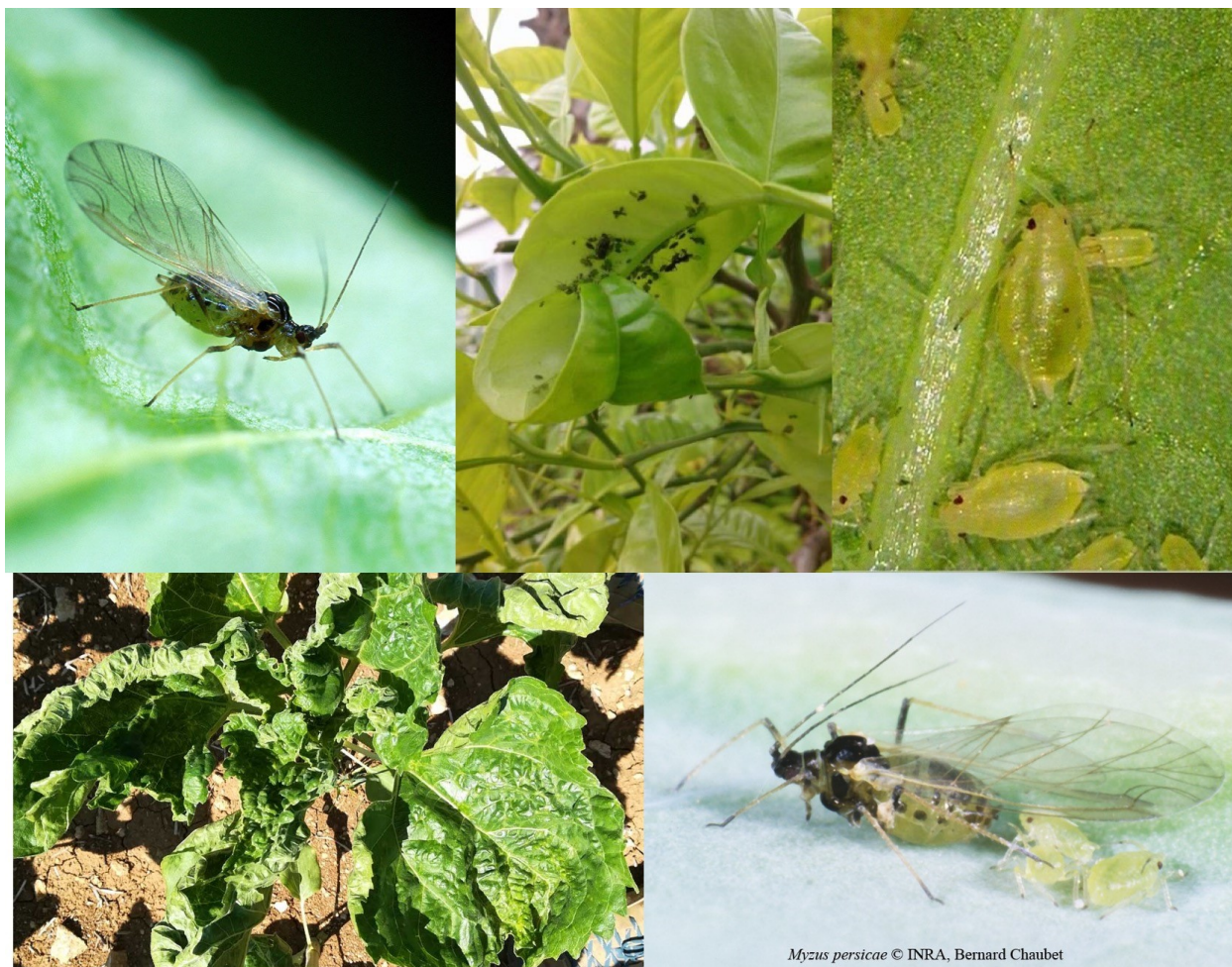
M. persicae possède des caractéristiques biologiques spécifiques qui lui donnent la capacité de produire deux types de morphes (aptères et ailés). Les individus aptères ont un rôle essentiellement reproductif et assurent la survie de leur population dans des conditions favorables. Au contraire, les individus ailés assurent la dispersion et la colonisation de nouvelles plantes. Généralement, lorsque la densité de leurs individus augmente et les conditions deviennent inappropriées, des femelles ailées apparaissent et migrent vers d'autres plantes adéquates et vers des hôtes secondaires pour établir de nouvelles colonies. *M. persicae* a plusieurs générations par an (plurivoltins).

Symptômes, dégâts [130, 168, 204, 206, 224]

Ils sont caractérisés par :

- un retard dans le développement des végétaux, les feuilles se recroquevillent, se déforment et, si l'infestation est apparue tôt dans la saison, les jeunes plantes se dessèchent et meurent.
- une formation de miellat, rendant la culture et les fruits collants et favorisant le développement de fumagine. Ce qui par ailleurs, réduit la photosynthèse de la plante.
- une crispation du feuillage en raison de leur salive irritante et toxique.

Figure 17 : Larves (L1, L2, L3 et L4) et adulte ailé de *M. persicae*. Dégâts sur feuilles.



Méthodes culturales [2, 78, 86, 130, 204, 224]

- Installation de haies brise-vent et/ou bandes florales diversifiées pour favoriser l'habitat des auxiliaires (syrphes, coccinelles, chrysopes) aux abords des parcelles.
- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans la parcelle.
- Contrôle des premiers adultes ailés grâce aux panneaux bleus englués posés dans les parcelles.
- Désherbage systématique des parcelles et rotation des cultures.
- Pulvérisation d'huile de colza sur spéculation à haute plus-value (produits commerciaux homologués en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).

Ennemis naturels [58, 130]

Hyménoptères parasitoïdes :

Diaeretiella rapae (Maroc, Pologne : pomme de terre), *Aphelinus abdominalis*, *Aphelinus asychis*, *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi*, (France : tomate, cucurbitacées).

Punaises prédatrices :

Cydonia lunata var. *sulphurea**, *Cydonia triangulifera**, *Coccinella transversalis*, (Inde : aubergine), *Adalia bipunctata*, *Scymnus* spp..

Diptères parasitoïdes :

Aphidoletes aphidimyza (France : tomate, cucurbitacées).

Punaises prédatrices :

Macrolophus caliginosus, *M. pygmaeus*, *Anthocoris nemorum* (France : tomate, cucurbitacées).

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*.

Toxoptera aurantii (fam. : *Aphididae*)

Nom commun

Puceron noir de l'oranger, Puceron du caféier.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 120 plantes-hôtes) : citrus [58, 99, 100].

Secondaires :

- Anacardiaceae, Anonaceae, Araliaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Moraceae, Rubiaceae, Rutaceae, Sterculiaceae et Theaceae [58, 99, 100].

Vecteur du virus de la Tristeza des agrumes (CTV) [58].

Cycle [127, 130, 208 ; 224]

Ce puceron se reproduit durant toute l'année par parthénogenèse. Chaque femelle donne naissance de 50 à 70 larves. La température optimale du développement se situe entre 20°C et 25°C (les températures supérieures à 30°C ralentissent le développement des individus et stoppent les pontes) et les colonies se développent préférentiellement sur la face inférieure des feuilles. On peut les trouver aussi sur les pousses et sur les bourgeons à fleurs.

Une trentaine de générations annuelles se succèdent et se superposent. Les sexués sont inconnus dans la nature. L'anholocyclie est obligatoire. Dans une grande partie de son aire géographique, *Toxoptera aurantii* persiste toute l'année sur les hôtes secondaires. Toutefois, plusieurs générations peuvent continuer à se développer au cours de l'année sur les *Citrus*.

Symptômes, dégâts [17, 36, 94, 130, 224]

Ils sont caractérisés par :

- un enroulement et jaunissement des feuilles (feuilles en forme de cuillère).
- éclaircissements des nervures des feuilles.
- coulure des fleurs.
- production de miellat qui favorise l'installation de fumagine.
- nanisme et dépérissement de l'arbre.

Figure 18 : Larves et adulte de *T. aurantii*. Colonies sur feuilles et tige.



Méthodes culturales [2, 224]

- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans le verger.
- Nettoyage du matériel agricole et d'autres objets immédiatement après leur utilisation sur le terrain peut aider à empêcher son transport entre les arbres et les vergers.
- Destruction des adventices aux abords de la parcelle qui peuvent abriter les pucerons.
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).

Ennemis naturels [51, 58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphidius colemani, *Diaeretiella rapae*, *Ephedrus persicae*, *Lysiphlebus testaceipes* (Corse, Guadeloupe, Italie, Espagne : annone, citrus), *Trioxys angelicae* (Liban : citrus).

Punaises prédatrices :

Cydonia lunata var. *sulphurea**, *Cydonia triangulifera**, *Coccinella transversalis*, (Inde : aubergine), *Adalia bipunctata*, *Scymnus* spp..

Diptères (Syrphes) prédateurs :

Allobaccha nubilipennis, *Episyrphus balteatus*, *Ischiodon scutellaris*, *Paragus tibialis*, *Scaeva pyrastris*.

Coccinellidae prédatrices :

Adalia bipunctata, *Hippodamia variegata*, *Hippodamia undecimnotata*, *Pharoscyrnus madagassus**.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Entomophthora gracilis, *Entomophthora bresenii*.

Nom commun

Puceron de l'arachide, Puceron oriental du pois, Puceron noir de la luzerne.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage mais avec une préférence marquée pour les Légumineuses : arachide, ambérique, lentille, luzerne, pois d'Angole, niébé [17, 19, 58, 99, 100].

Secondaires :

- Cardamome, coton, cacao, cerisier des Antilles, concombre, courge, courgette, dolique lablab, fenugrec, fève, haricot, haricot mungo, margose, moringa, piment, pois chiche, poivron, pomme de terre, quinoa, sésame, tabac, tagète rose d'Inde, tomate, et autres plantes hôtes sauvages (*Amaranthus hybridus*, *Canavalia ensiformis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Caragana* spp., *Cassia occidentalis*, *C. tora*, *Centrosema plumieri*, *C. pubescens*, *Chenopodium album*, *C. amaranticolor*, *C. murale*, *Crotalaria juncea*, *C. pallida*, *C. usuramoensis*, *Lupinus* spp., *Medicago sativa*, *Melilotus alba*, *Physalis floridana*, *Rhamnus cathartica*, *Robinia pseudoacacia*, *Solanum americanum*, *Stylosanthes mucronata*, *Tephrosia vogelii*, *T. gracilis*, *Trifolium repens*, *Vicia faba*, *Vigna catjang*, *Zinia elegans*) [58, 99, 100].

Vecteur de nombreux virus (Alfalfa Leaf Curl Virus, Bean Yellow Mosaic Virus, Pea seed-borne Mosaic Virus, Watermelon Mosaic Virus, Zucchini Yellow Mosaic Virus, CMV, ...) sur *Asteaceae*, *Cucurbitaceae*, *Liliaceae*, *Solanaceae*, *Rutaceae*, ... [58]

Cycle [130, 148, 178]

Le puceron du niébé est ovovivipare, c'est dire que les œufs sont conservés par la femelle qui donne naissance qu'à de petites larves qui passent par 4 stades larvaires qui durent en moyenne 5,5 jours. La maturation des femelles dure de 2-3 jours ; la durée de la ponte dure 6-7 jours et la phase de sensibilité dure de 2 à 4 jours. Le cycle dure environ 8 jours selon les conditions climatiques et d'alimentation. La fécondité totale d'une femelle est de 13 à 14 descendants (2 descendances journalières).

Dans les pays à climat tempéré, il s'agit d'une espèce holocyclique et sans hôte alterné. La génération sexuée comprend des femelles ovipares aptères et des mâles ailés. Cette espèce peut se développer de manière anholocyclique, en particulier dans les régions tempérées chaudes et tropicales.

Dans la zone tropicale, on ne rencontre que des femelles, soit aptères soit ailées, qui se reproduisent toute l'année par voie parthénogénétique (la fécondation a lieu sans fécondation). La formation des ailés est due à différents facteurs :

- rôle de l'effet de groupe (stimulation tactile),
- qualité de la plante-hôte (diminution de la qualité nutritionnelle),
- conditions climatiques (température, ensoleillement, ...).

Les ailés assurent alors la dissémination d'une plante hôte à l'autre. Les populations se maintiennent donc continuellement de façon parthénogénétique.

Symptômes, dégâts [19, 40, 130, 148, 161, 224]

Ils sont caractérisés par :

- une perturbation de la croissance et de la floraison des plantes en cas de forte pullulations sur les tissus jeunes (l'action de succion exercée sur la plante provoque un désordre physiologique qui se traduit chez l'arachide par exemple par une stérilité partielle de la plante).
- une déformation des feuilles et des tiges où se concentrent les pucerons (action irritative et toxique de la salive => nécroses).
- un affaiblissement général de la plante et une diminution du rendement.

- une production de du miellat provoquant l'apparition de fumagine sur le feuillage des plantes infestées. Ce qui peut limiter la photosynthèse et entraîner une diminution du rendement. Cette espèce est fréquemment visitée par les fourmis par son importante production de miellat.
- la transmission de virus aux haricots notamment le CMV (*Cucumber mosaic virus*) et certains potyvirus responsables de mosaïques sur les feuilles.

Figure 19 : Colonies et adultes isolés de *A. craccivora*. Guêpes parasitoïdes et coccinelles prédatrices.



Méthodes culturales [17, 130, 148, 161, 224]

- Utilisation de variétés de niébé tolérantes ou résistantes (IT89KD-374-57 et IT90K-372-1-2).
- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans la parcelle.
- Implantation de haies vives autour des champs pour héberger les auxiliaires, notamment les parasitoïdes Hyménoptères et les Syrphes.
- Association de niébé avec du mil ou du sorgho.
- Désherbage dans et aux abords des champs.
- Rotations avec des cultures non sensibles (telles que les céréales).
- Destruction et enfouissement des résidus de cultures.
- Pulvérisation d'huile de colza (produits commerciaux en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).

Ennemis naturels [51, 58, 130]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphelinus spp., *Aphidius* spp., *Trioxys indicus*, *Trioxys angelicae*, *Lysiphlebus fabarum*, *Lysiphlebus testaceipes* (Guadeloupe, Inde : citrus, arachide), *Toxares deltiger*, *Diaeretiella rapae*.

Syrphes et Punaies prédatrices :

Episyrphus balteatus.

Orius minutus.

Coccinellidae prédatrices :

Coccinella transversalis, *Brumoides (Brumus) suturalis**, *Cydonia variiventris**, *Hippodamia variegata*, *Platynaspis capicola**, *Scymnus* spp., *Olla v-nigrum*, *Cheilomenes lunata*, *Cheilomenes vicina*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Fusarium pallidoseum, *Metarhizium anisopliae**, *Neozygites fresenii*.

***Aphis gossypii* (fam. : Aphididae)**

Nom commun

Puceron du cotonnier, Puceron du melon.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (au moins 90 familles botaniques) : coton, papaye, prune Japonaise, tomate, Cucurbitacées [17, 19, 58, 99, 100].

Secondaires :

- Ail, aubergine, avocat, arachide, cacao, canne à sucre, carambole, carotte, chou de chine, citrus, coco, épinard, fraise, haricot vert, litchi, quinoa, maïs, mangue, navet, patate douce, piment, poivron, poire, pomme, pomme de terre, prune, vigne [58, 99, 100].

Vecteur de très nombreux virus (au moins 70), dont le virus de la Tristeza des agrumes (CTV), le virus de la mosaïque jaune de la courgette (ZYMV), le virus des taches en anneaux du papayer (PRSV), ou le virus de la mosaïque du concombre (CMV) [58, 130].

Cycle [148, 108, 223]

En Europe, *A. gossypii* est anholocyclique. Le puceron passe par une phase de diapause, habituellement sous forme d'œufs pendant l'hiver. Les adultes sont aptères et ailées. Un cycle complet comporte une génération sexuée et plusieurs générations asexuées.

Sous les climats chauds, les pucerons *A. gossypii* est anholocyclique et se multiplie par parthénogénèse : la reproduction a lieu sans fécondation. Les œufs sont directement produits par la femelle adulte.

La température optimale de reproduction est de 20 – 25 °C : la femelle produit alors en moyenne 2,8 larves par jour qui passe par 4 stades larvaires. Le puceron atteint sa maturité au bout de 5 jours. Cet insecte a une forte capacité de reproduction et son cycle biologique peut être complété entre 8 à 15 jours. Toutefois, A partir de 30°C, la température devient de plus en plus limitante pour le développement de l'espèce.

Symptômes, dégâts [130, 208, 224]

Ils sont caractérisés par :

- la déformation et décoloration des feuilles, réduction/retard de la croissance par ponction de la sève et flétrissement des plants si les colonies sont importantes.
- l'apparition de fumagine sur le feuillage des plantes infestées. Ces champignons lorsqu'ils sont en abondance, peuvent limiter la photosynthèse et entraîner une diminution du rendement.
- la perturbation dans le remplissage des graines (déformation et rabougrissement des gousses) Sur niébé, ce puceron peut causer des pertes de rendement de culture de plus de 50%.
- la transmission de virus entraînant la mort de la plante.

Figure 20 : Larves (L1, L2, L3 et L4) et adulte ailé de *A. gossypii*. Dégâts sur fleur de Cucurbitacées. *Aphidius colemani*, Hyménoptère parasitoïdes.



Méthodes culturales [2, 115]

- Utilisation de cultivars résistants/tolérants si disponibles (variétés de niébé résistantes : IT'89KD-374-57 et IT'90K-372-1-2).
- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant leur introduction dans les parcelles.
- Détection des premières fondatrices grâce aux panneaux jaunes englués posés au-dessus de la culture.
- Association du niébé avec des cultures comme le mil ou le sorgho pour diminuer les infestations.
- Rotations avec des cultures non sensibles (telles que les oignons) et destruction des résidus de cultures.
- Implantation de bandes fleuries de plusieurs variétés de plantes à proximité des parcelles pour héberger des auxiliaires des cultures.
- Pulvérisation d'huile de colza (produits commerciaux en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).

Ennemis naturels [58, 130]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphelinus abdominalis, *A. gossypii*, *A. mali*, *A. semiflavus*, *A. varipes*, *Aphidius colemani*, *A. matricariae*, *Ephedrus cerasicola*, *E. plagiator*, *Diaeretiella rapae*, *Lipolexis gracilis*, *Lysiphlebus confusus*, *Praon volucre*, *Psyllaephagus pulvinatus*, *Trioxys angelicae*, *T. rubicola*.

Coccinellidae et Syrphes prédatrices :

Adalia bipunctata, *Cheilomenes sulphurea**, *Coccinella septempunctata*, *C. transversalis*, *Exochomus laeviusculus**, *Harmonia axyridis*, *H. conformis*, *H. octomaculata*, .

Allograpta exotica, *Episyrphus balteatus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana, *Conidiobolus obscurus*, *C. thomoides*, *Neozygites fresenii*, *Paecilomyces fumosoroseus*.

Nom commun

Aleurode du cotonnier, Aleurode de la patate douce, Aleurode du tabac.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 900 espèces végétales différentes) : aubergine, coton, gombo, manioc, piment, pois d'Angole, tabac, tomate, Cucurbitacées [13, 58, 99, 100, 139].

Secondaires :

- Aubergine amer, amarante, arachide, chou fourrager, citrus, chrysanthème, haricot vert, litchi, patate douce, pervenche de Madagascar, piment, poivre, poivron, pomme de terre, et de nombreuses plantes-hôtes sauvages (*Atriplex semibaccata*, *Bryonia dioica*, *Capsella bursa-pastoris*, *Erigeron canadensis*, *Euphorbia pulcherrima*, *Lactuca serriola*, *Oxalis pes-caprae*, *Senecio vulgaris*, *Solanum nigrum*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media*, *Urtica urens*, ...) [58, 99, 100, 211].

Vecteur de très nombreux virus (au moins 111), dont le TYLCV, TYLCSV, CVYV, CYSDV, ACMV [58, 73, 96, 130].

Cycle [130, 139, 150]

Au cours de son développement, *B. tabaci* passe par 4 stades larvaires (L1 à L4) qui aboutissent à une pupa (ou puparium) donnant lieu à un adulte après nymphose. L'incubation dure environ 5 à 9 jours (30°C), les œufs pondus sur une feuille éclosent pour donner des larves mobiles. Le passage du stade larvaire 1 au stade larvaire 3 dure environ 11 jours. L4 (ou pré-pupa) se transforme en puparium et arrête de s'alimenter. La L4 change de forme pour devenir presque ronde (environ 0,8 mm de long et 0,6 mm de large). Le puparium a parfois un contour irrégulier et lobé, selon la longueur des poils et la structure de la feuille de la plante-hôte. À ce stade, on distingue très nettement les yeux rouges de l'insecte. Comme la cuticule du puparium est transparente, on peut voir la couleur jaune de l'aleurode. Au bout de 4-6 jours, on voit émerger l'adulte, laissant une fente en « T » caractéristique. Dans les conditions optimales, il peut y avoir jusqu'à 11 à 15 générations par an.

Chaque femelle adulte peut pondre entre 250 à 300 œufs au cours de sa vie. Cela dit, cette fécondité dépend de la plante-hôte et du biotype de *B. tabaci* considéré. Sous un climat subtropical ou tropical, la durée de développement larvaire (œuf à adulte) oscille autour d'une vingtaine de jours et la longévité des adultes varie entre 10 à 20 jours. La durée de ce cycle, et donc la vitesse de reproduction de la population, varie en fonction de 2 facteurs : la plante hôte et la température.

Symptômes, dégâts [96, 130]

Ils sont caractérisés par :

- un affaiblissement des plantes-hôtes lié, d'une part aux ponctions de sève qu'elle occasionne et d'autre part à une baisse de l'activité photosynthétique (recroquevillement des feuilles et développement d'un champignon, la fumagine).
- la transmission de virus entraînant la mort de la plante.

Figure 21 : Œufs, larves (L3), puparium et adultes ailés de *B. tabaci*. Colonies d'adultes sur chou.



Méthodes culturales [2, 96, 102, 130, 150, 156, 239]

Ces mesures sont essentielles pour maintenir une faible densité de population et pour empêcher l'infestation des cultures.

- Utilisation de matériel de plantation non contaminé.
- Sélection rigoureuse de plantes saines sur lesquelles seront prélevées les boutures de manioc.
- Utilisation de variétés de manioc résistantes ou tolérantes à l'ACMV²⁰ (TMS 30001, TMS 30337, TMS 30395, TMS 30572, TMS 4(2)1425 et TMS 60142).
- Assainissement des boutures par la technique de la thermothérapie²¹ et arrachage des plants de manioc infectés.
- Installation des toiles insect-proof sur les plates-bandes (pépinières et cultures maraîchères).
- Emploi du piégeage chromatique à la fois pour mesurer l'abondance de ce ravageur au sein des parcelles (panneaux jaunes englués) mais aussi pour piéger massivement des individus à l'aide de bandes « roller » engluées.
- Implantation de concombre en rang alterné 30 jours avant l'installation des tomates retarde l'infection de la tomate par *B. tabaci* vecteur du TYLCV.
- Élimination des adventices (surtout en culture de tomate) et débris de culture provenant des précédents culturaux pouvant contenir des virus.
- Rotation avec une culture d'oignon pour casser le cycle de l'aleurode.
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).
- Pulvérisation d'huile de colza (produits commerciaux en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).
- Ne pas laisser de cultures hôtes à l'abandon (réservoir d'inoculum à virus).

²⁰ *African Cassava Mosaic Virus* ou maladie de la mosaïque africaine du manioc.

²¹ Traitement des boutures de manioc dans des bains d'eau chaude entre 43° et 51°C pendant 30 minutes. Bien qu'aucune des températures de traitement testées n'a permis d'éliminer le virus et d'obtenir 100 % de plantules indemnes de CMD, les boutures de manioc thermotraitées produisent des plantes avec une incidence et une sévérité des symptômes de la CMD significativement plus faible que les plantes non traitées.

Ennemis naturels [51, 58, 130, 211]

Hyménoptères parasitoïdes :

Encarsia brevivena, *E. davidi*, *E. formosa* (Égypte, Pakistan, Israël, Nouvelle Zélande : coton, maraîchage), *E. inaron*, *E. longifasciata*, *E. lutea* (Égypte : soja, tomate), *E. meritoria*, *E. nigricephala*, *E. protransvena*, *E. sophia*, *E. transvena*, *E. tricolor*, *Eretmocerus eremicus* (Europe : maraîchage), *Eretmocerus mundus* (Égypte, Mali : soja, tomate, coton).

Coccinellidae prédatrices :

*Brumoides (Brumus) suturalis**

Punaises prédatrices :

Delphastus pusillus (Californie : cultures sous serre), *Laius venustus*, *Microlestes discoidalis*, *Nabis capsiformis*, *Orius albidipennis* (Soudan : coton), *Macrolophus pygmaeus*, *Nesidiocoris tenuis* (Europe).

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana, *Bacillus thuringiensis thuringiensis* (Europe : légumes).

Trioza erytreae (fam. : Triozidae)

Nom commun

Psylle africain des agrumes.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : *Citrus* spp. [17, 58, 99, 100].

Secondaires :

- châtaignier du Cap, citronnier épineux, oranger du Mexique, pomme d'éléphant, sapotier blanc et autres plantes non cultivées (*Atalantia buxifolia*, *Balsamocitrus dawei*, *Clausena indica*, *Microcitrus australasica*, *Triphasia trifolia*, *Vepris lanceolata*, *Vepris nobilis*, *Zanthoxylum asiaticum*) [58, 99, 100].

Cycle [36]

Les femelles pondent à la marge des jeunes feuilles, sur les pousses à croissance active, au niveau de la nervure principale et sur la face supérieure des feuilles lorsque les populations sont importantes. Chaque femelle pond en moyenne entre 800 et 1300 œufs. Toutefois, la fécondité de la femelle peut dépasser 2 000 œufs dans certaines conditions de température et d'alimentation. Les femelles restent fertiles pendant 11 à 16 jours en l'absence de mâles, et la production maximale d'œufs se produit vers le milieu de leur vie. La sex-ratio fluctue sur le terrain, mais les femelles prédominent toujours dans les populations de ce psylle. Le développement nymphal (cinq stades) dure de 17 à 43 jours, les deux périodes étant inversement liées à la température moyenne et directement liées à la valeur nutritionnelle des feuilles. La durée du cycle de développement est de 18.5, 19 et 23 jours, respectivement sur *Murraya paniculata*, *Citrus reticulata* et *Murraya koenigii*.

T. erytreae peut se développer toute l'année, avec de nombreuses générations successives. Le cycle de l'œuf à l'adulte dure environ 3 à 4 semaines, voire bien davantage en conditions fraîches.

Il n'y a pas de diapause chez ces insectes, mais ils peuvent se mettre en quiescence quand les conditions sont mauvaises. Les adultes peuvent vivre plusieurs semaines à plusieurs mois selon la température. En conditions favorables, *T. erytreae* peuvent se développer toute l'année, avec de nombreuses générations successives.

Symptômes, dégâts [25, 36]

T. erytreae est le vecteur naturel de la forme africaine de la maladie du Greening. Les sont caractérisés par :

- une grave déformation des feuilles, qui deviennent rabougries et galeuses.
- les jeunes feuilles, en particulier, peuvent devenir jaunes.
- la présence de petites galles sur les jeunes feuilles.

Figure 22 : Infestation de *T. erytrae* sur feuilles de *Citrus sp.* Adulte en position de prise de nourriture.



Méthodes culturales [2, 4, 25, 26, 36]

- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans la parcelle.
- Désherbage dans et aux abords des vergers.
- Conserver des haies pour favoriser l'implantation des auxiliaires.
- Éviter de planter des Rutacées en abord des vergers d'agrumes.
- Nettoyage du matériel agricole et d'autres objets immédiatement après leur utilisation sur le terrain peut aider à empêcher son transport entre les arbres et les vergers.
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).

Ennemis naturels [25, 36, 58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphanogmus incredibilis, *Aphanogmus triozae*, *Aphidencirtus cassatus*, *Cheiloneurus cyanonotus*, *Coccophagus pulvinariae*, *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Réunion : citrus), *Psyllaephagus pulvinatus* (Maurice, Réunion : citrus), *Tamarixia (Tetrastichus) dryi* (Réunion : citrus).

Coccinellidae prédatrices :

Cheilomenes lunata, *C. propinqua*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Aschersonia sp., *Nectria coccophila*.

Aonidomytilus albus (fam. : Diaspididae)

Nom commun

Cochenille à bouclier du manioc.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : manioc [13, 58, 99, 100].

Secondaires :

- Papaye, mangue, mimosa, jatropha, croton, rose [58, 99, 100].

Cycle [192]

La reproduction est sexuée. Les femelles sessiles s'accouplent avec des mâles ailés et commencent à pondre environ 2 jours après avoir atteint leur maturité.

Après avoir été pondu par les femelles, les œufs éclosent en 3-4 jours. Les stades larvaires sont complètement développés en 20-25 jours. Les larves du premier stade sont le stade de dispersion primaire et se déplacent vers de nouvelles zones de la plante ou sont dispersées par le vent. Il y a deux stades immatures chez la femelle et quatre chez le mâle (y compris les stades pré-pupal et pupal).

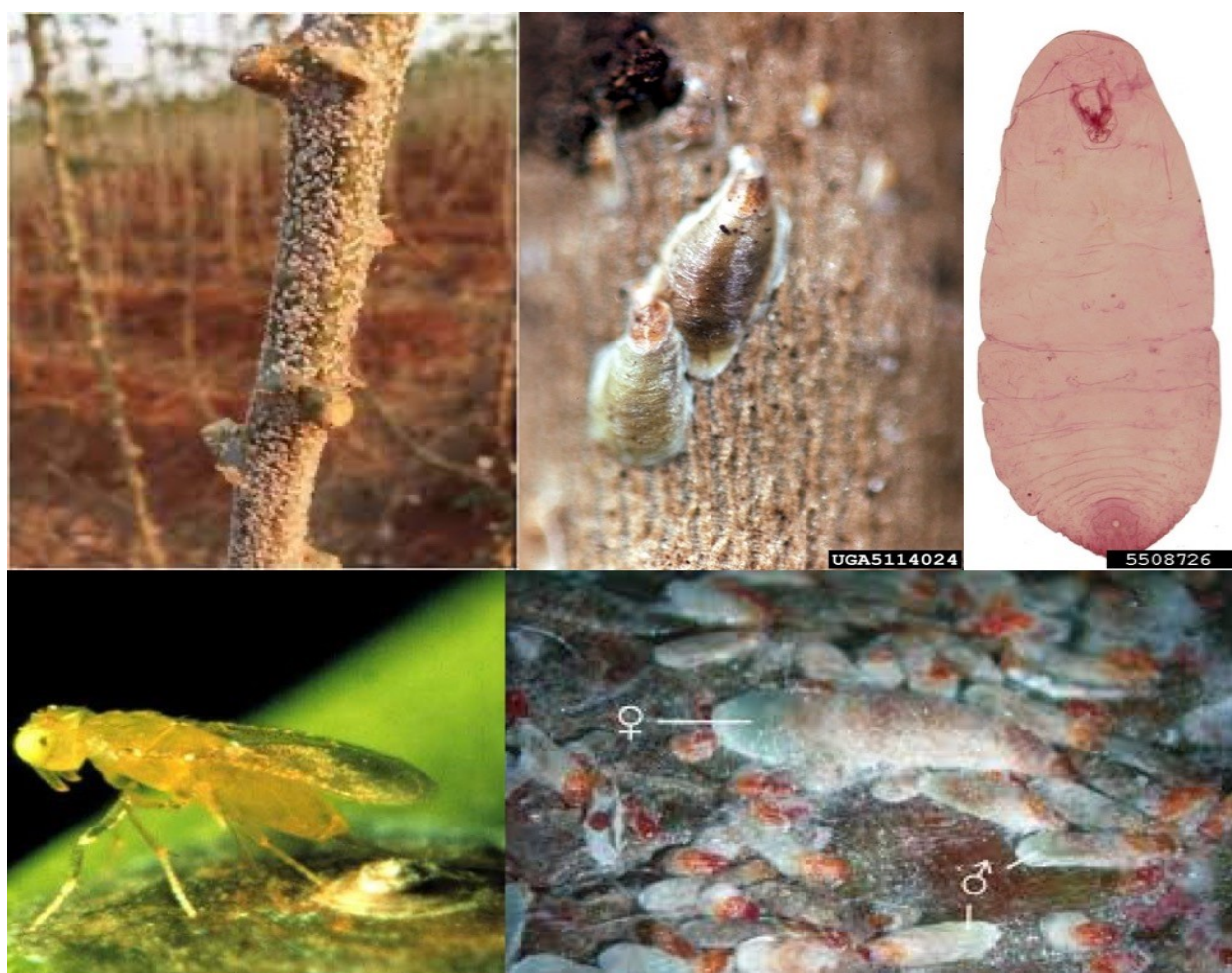
Les femelles adultes d'*A. albus* se nourrissent toute leur vie et, une fois adulte, vivent plusieurs mois. Le mâle adulte n'a pas de pièces buccales, il ne peut donc pas se nourrir et ne vit que quelques jours.

Symptômes, dégâts [13, 17, 19]

Ils sont caractérisés par :

- Une formation en amas sur les branches et les tiges.
- une réduction importante du pouvoir germinatif des boutures.
- une dessiccation des tiges lors des fortes infestations, les rendant minces et faibles de sorte qu'elles se cassent souvent au vent. La cassure des tiges entraîne une ramification abondante, de sorte que les plantes infestées semblent souvent touffues.
- un faible développement racinaire des plantes infestées. Les tubercules deviennent désagréables au goût.

Figure 23 : Infestation d'*A. albus* sur tiges de manioc. Le parasitoïde *Aphytis chrysomphali* en posture de ponte.



Méthodes culturales [2, 68]

- Contrôle des boutures de manioc avant plantation.
- Prélèvement de matériel végétal sur des plantes saines et traiter les boutures avant plantation par trempe dans une solution de neem.
- Réduction de la fertilisation azotée et décalage des dates de plantation.
- Surveillance régulière des champs (comptage de ravageurs toutes les 2 à 4 semaines) et repérer les infestations de cochenilles.
- Éliminer les parties infestées des plantes (bourgeons apicaux) et les brûler.
- Pulvérisation à base d'abamectine + pyréthrines (produit commercial en arboriculture : Fazilo®).
- Application à base d'huile de paraffine (produits commerciaux en arboriculture : Citrole®, Ovispray®, Catane®, Actipron Extra®, Ovipron Extra®, Ovithiol®, Polithiol®).
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).
- Destruction et enfouissement des résidus des récoltes précédentes.
- Rotation et association de culture (céréale + Légumineuses).

Ennemis naturels [51, 58, 68]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aphytis chrysomphali, *A. diaspidis*, *A. lingnanensis*, *Encarsia aurantii*.

Coccinellidae prédatrices :

Chilocorus distigma, *Pharoscyrnus horni*, *Pharoscyrnus tomeensis* (Cap Vert : manioc).

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Aschersonia sp., *Nectria coccophila*.

Paracoccus marginatus (fam. : *Pseudococcidae*)

Nom commun

Cochenille du papayer.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (présent sur plus de 49 familles botaniques) : ananas, annone, aubergine, avocat, maïs, papaye, patate douce, poivron [58, 99, 100].

Secondaires :

- Ambrevade, bélangère batarde, caféier, cerisier de Cayenne, cotonnier, dolique lablab, frangipanier, hibiscus, goyavier, jatropha, manioc, manguier, morelle noire, oranger, oseille de Guinée, *Poinsettia*, pois-à-vache, pomme cannelle, rose de Chine, tomate [58, 99, 100].

Cycle [114, 130]

P. marginatus a une reproduction sexuée. Les œufs sont pondus dans un ovisac sous ou dans le prolongement du corps de la femelle. Il est constitué de filaments cireux. Les œufs éclosent au bout d'environ 10 jours d'incubation et les nymphes commencent à rechercher activement des sites d'alimentation. Normalement, une fois installés, les larves ne bougent pas sauf lorsqu'elles sont dérangées. Les stades larvaires ne peuvent ramper que sur de courtes distances ou être portées par le vent. Les nymphes sécrètent et s'incrémentent dans un enduit cireux blanc.

Il y a trois stades larvaires et pas de stade nymphal chez la femelle qui est aptère comme toutes les cochenilles farineuses. Le mâle ailé a deux stades nymphaux, un stade prépupe et un stade nymphal. La durée du cycle en

condition contrôlée à 25 °C est en moyenne de 28,4 jours pour les mâles et de 25 jours pour les femelles. Une femelle peut pondre de 100 à 600 œufs. Il peut y avoir plusieurs générations par an.

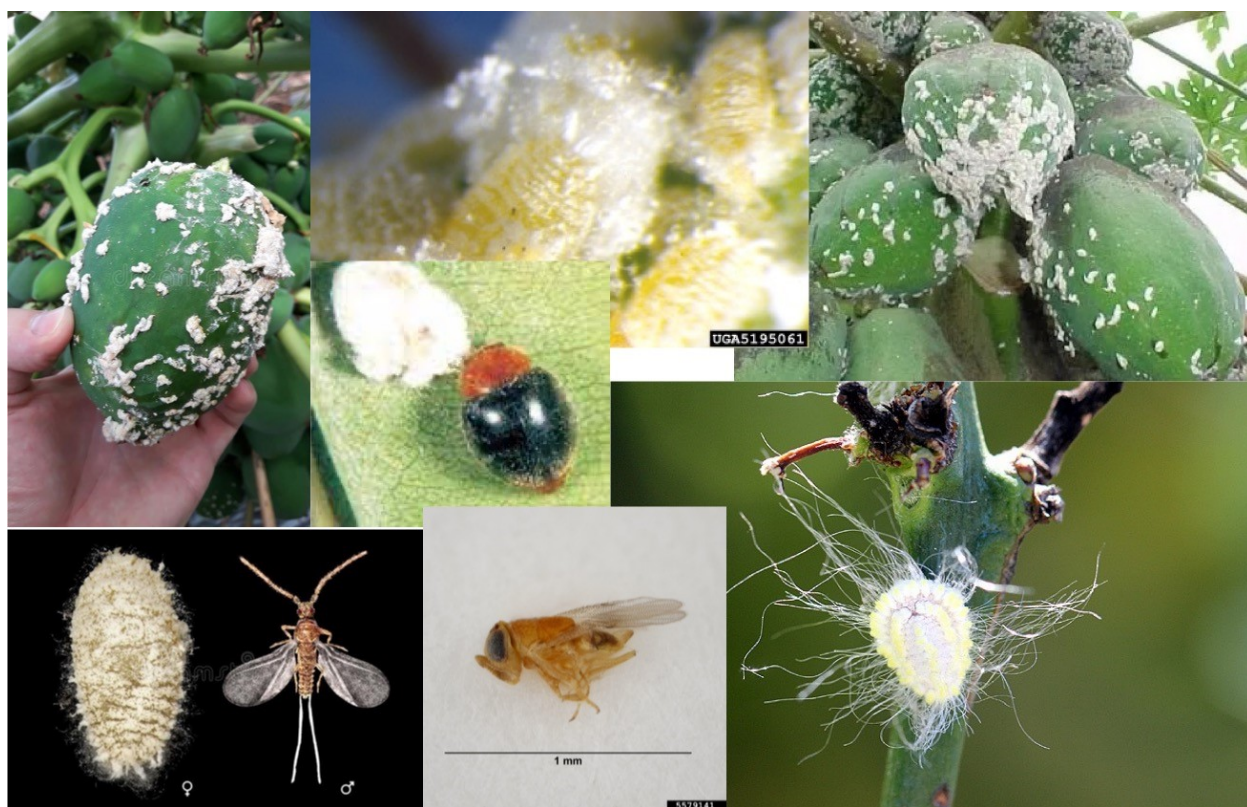
Comme toutes les espèces de cochenille, la durée du cycle de vie de *P. marginatus* est fonction des conditions météorologiques (température et hygrométrie). La dynamique des populations dépend du temps car il existe une corrélation positive significative avec la température maximale et une corrélation significativement négative avec l'humidité relative et les précipitations. Le cycle de vie de cette espèce peut aussi varier en fonction de l'espèce végétale dont les larves se nourrissent (facteurs nutritifs, composés allélochimiques et différences physiques dans les structures foliaires).

Symptômes, dégâts [130, 160]

Ils sont caractérisés par :

- un développement de la fumagine sur le miellat produit par l'insecte qui finit par couvrir les tiges, rameaux et feuilles réduisant la photosynthèse et les échanges gazeux de la plante.
- un jaunissement, une déformation et une chute prématurée des feuilles.
- un affaiblissement voire la mort de la plante.

Figure 24 : Larves L4 (mâle et femelle) et adultes de *P. marginatus* sur papayer. *A. papayae* et *C. montrouzieri*, deux ennemis naturels efficaces de *P. marginatus*.



Méthodes culturales [2, 114, 160]

- Dans la mesure où cet insecte se multiplie rapidement, il convient de réagir vite. Il est donc important d'observer régulièrement son verger (au moins une fois par semaine) pour détecter précocement les premiers individus. Observez les fourmis qui montent sur les troncs et vérifiez si le feuillage n'est pas infesté.
- En cas de forte infestation, pratiquer une taille sévère en détruisant les déchets végétaux hors du verger (brûlage ou enfouissement profond du matériel végétal infesté).
- Destruction de toutes plantes-hôtes alternatives dans et autour du verger de papayer.
- une forte irrigation favorise la tolérance de la plante aux attaques (FREDON-Réunion).

- Application de fumier ou d'engrais pour améliorer et maintenir une fertilité élevée du sol. Cela permettra aux cultures de bien se développer et de mieux résister aux infestations de *P. marginatus* (Kenya Forestry Research Institute).
- Rotation des cultures avec des plantes non-hôtes dans la mesure du possible afin de briser le cycle du ravageur.
- Application à base d'huile de paraffine (produits commerciaux en arboriculture : Citrole®, Ovispray®, Catane®, Actipron Extra®, Ovipron Extra®, Ovithiol®, Polithiol®).
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).

Ennemis naturels [58, 114, 164]

Hyménoptères parasitoïdes :

Acerophagus papayae, *Anagyrus californicus*, *Anagyrus loecki*, *Pseudaphycus sp.*, *Pseudleptomastix mexicana*.

Coccinellidae prédatrices :

Cryptolaemus montrouzieri, *Exochomus laeviusculus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Metarhizium anisopliae.

Icerya seychellarum (fam. : Monophlebidae)

Nom commun

Cochenille farineuse des Seychelles.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 600 espèces fruitières) : *Citrus* spp., mangue, goyave [58, 99, 100].

Secondaires :

- arbre de Judée, arbre à pain, *Ficus* spp., figuier d'Égypte, laurier commun, lierre commun, micocoulier, mûrier blanc, millepertuis à grandes fleurs, néflier du Japon, palmier nain [58, 99, 100].

Cycle [36]

Les femelles de *Icerya seychellarum* reproduisent probablement par parthénogénèse. La ponte débute peu après le début de la sécrétion de l'ovisac (plaques cireuses fixées à l'extrémité de l'abdomen) à raison de 5 à 6 œufs par jour. Elle dure en moyenne 12 jours. Les larves se développent dans l'ovisac sécrété par les femelles pendant 2 à 3 jours puis émergent et se dispersent sur le végétal. Rapidement, les larves L1 commencent la sécrétion d'une cire protectrice qui va recouvrir leur corps d'où leur nom de cochenille à sécrétions cireuses. Après 3 mues successives, les larves seront adultes.

La durée de son cycle biologique est d'environ 2 à 3 mois. La femelle peut pondre entre 80 à 200 œufs au cours de sa vie.

Symptômes, dégâts [17, 36, 94]

Ils sont caractérisés par :

- un développement de la fumagine sur le miellat produit par l'insecte qui finit par couvrir les tiges, rameaux et feuilles réduisant la photosynthèse et les échanges gazeux de la plante.
- un jaunissement, une déformation et une chute prématurée des feuilles.
- un affaiblissement des arbres, voire la mort des jeunes pousses.

Figure 25 : Larves et adultes de *I. seychellarum* sur avocatier. *Pachyneuron longiradius* et *Rodolia cardinalis*, deux ennemis naturels efficaces de *I. seychellarum*.



Méthodes culturales [2, 36, 94]

- Contrôle de l'état sanitaire des plants avant toute introduction dans les vergers.
- Taille et élimination des organes trop infestés.
- Implantation de haies vives composites (plantes mellifères) pour favoriser l'hébergement des peuplements d'insectes utiles (prédateurs, pollinisateurs et parasitoïdes) et créer une barrière physique au déplacement par le vent des cochenilles.
- Destruction de toutes plantes-hôtes alternatives dans et autour du verger de manguier.
- Neutralisation des fourmis par une bande de glu (ou de graisse) au pied des arbres.
- Pulvérisation à base d'abamectine + pyréthrinés (produit commercial en arboriculture : Fazilo®).
- Application à base d'huile de paraffine (produits commerciaux en arboriculture : Citrole®, Ovispray®, Catane®, Actipron Extra®, Ovipron Extra®, Ovithiol®, Polithiol®).
- Application à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).

Ennemis naturels [51, 58, 189]

Hyménoptères parasitoïdes :

Aprostocetus sp. (Réunion : manguiers), *Euryischia indica*, *Homalotylus eyelweinii*, *Pachyneuron longiradius*,

Diptères parasitoïdes :

Cryptochetum grandicorne, *C. monophlebi** (Maurice, Afrique du Sud : plantes ornementales),

Coccinellidae prédatrices :

*Exochomus laevisculus**, *Nephus oblongosignatus**, *Rodolia cardinalis** (Maurice, Nouvelle-Calédonie, Seychelles, Vanuatu : fruits, plantes ornementales), *R. chermesina*, *R. fumida** (Réunion : citrus, mangue), *R. limbatus*.

Saissetia coffeae (fam. : Coccidae)

Nom commun

Cochenille brune du caféier.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : *Citrus* spp., café, manioc [17, 58, 99, 100].

Secondaires :

- Avocat, coton, goyave, mangue, pois d'Angole, prune [58, 99, 100].

Cycle [36]

Les sexes sont séparés, les mâles rares, la reproduction essentiellement parthénogénétique. La femelle pond ses œufs sous le bouclier qui l'abrite. Une femelle peut pondre jusqu'à 2000 œufs dans sa vie. À l'éclosion les jeunes larves se déplacent sur la plante-hôte et vont s'attaquer aux organes jeunes. Les larves femelles passent par 3 stades avant d'être adultes tandis que les mâles en connaissent 4 avant le stade imaginal. Les larves de 1^{er} stade sont largement répandues par le vent, les animaux mais aussi par leurs propres déplacements.

La durée d'un cycle biologique est très variable selon les conditions climatiques.

Symptômes, dégâts [36, 94]

Ils sont caractérisés par :

- la présence de dômes marrons plus ou moins brillants sur la partie inférieure de la feuille à proximité de la nervure médiane.
- une grande quantité de miellat créant des dépôts gluants sur les surfaces environnantes.
- le développement de fumagine qui, outre son aspect inesthétique, limite la photosynthèse, en recouvrant les feuilles.
- un retard dans la croissance des plantes/arbres.
- un affaiblissement de la plante par prélèvement de sève.
- la présence de colonies de fourmis sur les plantes.
- sur manioc, on observe une déformation des feuilles. Sur manguiers, on assiste à une chute prématurée des fruits.

Figure 26 : Larves et adultes de *Saissetia coffeae* sur manioc. *Coccophagus spp.* et *Encyrtus aurantii*, deux ennemis naturels efficaces de *S. coffeae*.



Méthodes culturales [2, 36]

- Taille, élagage et élimination par incinération des organes trop infestés (caféiers, vergers d'agrumes/avocat) réduisent fortement le niveau des populations de cochenilles.
- Implantation de haies vives composites pour favoriser l'hébergement des auxiliaires.
- Pulvérisation de biopesticides à base d'abamectine + pyréthrines (produit commercial en arboriculture : Fazilo®).
- Application de biopesticides à base d'huile de paraffine (produits commerciaux en arboriculture : Citrole®, Ovispray®, Catane®, Actipron Extra®, Ovipron Extra®, Ovithiol®, Polithiol®).
- Application de biopesticides à base d'huile essentielle d'orange douce (produits commerciaux en arboriculture : Prev-Am®, Prev-Am Plus®, Essen'ciel®, Limocide®).

Ennemis naturels [58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Coccophagus conperi, *C. ochraceus*, *C. rusti*, *C. scutellaris*, *Comperiella bifasciata*, *Encyrtus aurantii*, *Mesopeltita atrocyanea*, *Metaphycus belvolus*, *Metaphycus lounsburyi*, *M. stanleyi*, *M. swirskii*, *Microterys flavus*, *Scutellista caerulea*, *Taftia saissetiae*.

Coccinellidae prédatrices :

Chilocorus kuwanae, *C. renipustulatus*, *Cryptolaemus montrouzieri*.

Nom commun

Punaise brune des Légumineuses.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : pois d'Angole, niébé [58, 00, 100].

Secondaires :

- *Amaranthus* sp., ambérique, chanvre du Bengal, dolique, haricot commun, kudzu tropical, passiflore, petit pois, pomme de terre, pois bleu, pois papillon, pois pigeon, soja, *Sphenostylis stenocarpa* [58, 99, 100].

Cycle [76, 210]

La durée de vie des adultes est liée au sexe et à leur état d'accouplement. Ainsi chez les individus non accouplés elle est de 73 jours pour les mâles et de 54 jours pour les femelles. Pour les individus accouplés, les durées de vie sont de 32 et 51 jours respectivement pour les mâles et les femelles.

La femelle de l'espèce pond environ 120 œufs pendant 7 à 8 jours. On note un dimorphisme sexuel chez les adultes. En général les femelles sont deux fois plus grosses que les mâles.

A 24°C la durée d'incubation est en moyenne de 12 jours tandis qu'elle est de 3 jours à 30°C. Le développement larvaire s'effectue en cinq stades larvaires avant de devenir adulte, et dure de 17 à 21 jours selon la qualité de la nourriture, l'eau et les conditions climatiques. Les stades larvaires 1 à 3 durent en moyenne moins de 2 jours. Les stades larvaires 4 et 5 durent respectivement en moyenne 3 et 4 jours.

On peut observer 2 à 3 générations par an.

Symptômes, dégâts [76]

L'insecte se nourrit des gousses de niébé depuis le début de leur formation jusqu'à la maturation. Dans certaines régions d'Afrique, *C. tomentosicollis* cause des dommages de plus de 50% sur haricot et sur pois d'Angole. Sur pois d'Angole, des études ont montré qu'avec une infestation de deux punaises seulement par plant, on peut s'attendre à une réduction en poids des graines de 40-60%, du nombre de graines de 25-36% et de la qualité des semences de 94-98%

Les dégâts sont caractérisés par :

- la chute ou la malformation des gousses et la destruction des graines.
- un avortement et une chute des fleurs.
- un rabougrissement (avec parfois momification et dessèchement) des gousses dus à la piqûre et au prélèvement de la sève.
- un retard dans la croissance des plants de niébé.
- un affaiblissement général de la plante par prélèvement de sève et une baisse de rendement pouvant aller de 75 à 90 % (sur niébé en Afrique de l'Ouest).

Figure 27 : Adultes de *Clavigralla tomentosicollis*



Méthodes culturales [75, 76]

- Utilisation de cultivars de niébé tolérants (IT86D-534, IT86D-721 et IT86D-535) à *C. tomentosicollis*. Au Nigeria, la lignée IT86D-716 a causé près de 80 % de mortalité des larves de *C. tomentosicollis*, 5 jours après infestation. En effet, il a été montré que les gousses de cette variété contiennent des hétérosides cyanogènes, une antibiose qui cause une mortalité importante sur les punaises de *C. tomentosicollis*.
- Ramassage manuel des premiers individus visibles au champ (réalisable sur des parcelles de faible surface).
- Monitoring des populations des punaises au champ par un contrôle visuel.
- Association sorgho-niébé ou mil-niébé est la méthode culturale la plus pratiquée en Afrique de l'Ouest. Au Burkina Faso, l'association mil-niébé d'une part et une faible densité de semis du niébé permettent de réduire les dégâts causés par les punaises brunes.
- Utilisation du *Cajanus cajan*, plante-hôte préférée de *C. tomentosicollis*, sous forme de haie pour servir de culture piège afin de protéger le niébé contre les attaques des punaises.
- Rotations avec des cultures non sensibles (telles que les céréales) et utilisation de variétés de niébé tolérantes ou résistantes.

Ennemis naturels [22, 58, 76]

Hyménoptères parasitoïdes :

Gryon fulviventris, *Gryon gnidus*, *Ooencyrtus afer*.

Diptères parasitoïdes :

Alophora nasalis, *Mormonomyia argentifrons*.

Anoplocnemis madagascariensis (fam. : Coreidae)

Nom commun

Punaise noire de Madagascar.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : Ambérique, Légumineuses [13, 17, 19, 111, 204].

Secondaires :

- *Citrus* spp., manioc, arachide, vanille [13, 17, 19, 111, 191].

Cycle [19]

La punaise noire passe par plusieurs stades de développement : œuf, 5 stades larvaires, adulte. La durée de son cycle varie en fonction de la température, d'approximativement 3 semaines à 30°C à 2 mois à 20°C.

On peut observer plusieurs générations par an.

Symptômes, dégâts [204]

Ils sont caractérisés par :

- des symptômes sur les feuilles et les fruits essentiellement.
- un avortement des fleurs.
- un retard dans la croissance des plantes/arbres.
- un affaiblissement de la plante par prélèvement de sève.

Figure 28 : Adultes de *Anoplocnemis madagascariensis*. *Protelenomus* spp., un ennemi naturel efficace de *A. madagascariensis*.



Méthodes culturales [40, 204]

- Utilisation de variétés de niébé tolérantes ou résistantes si disponibles.
- Ramassage manuel des premiers individus visibles au champ (parcelles maraîchères).
- Monitoring des populations des punaises au champ par un contrôle visuel.
- Rotations avec des cultures non sensibles (telles que les céréales, maïs et mil).

Ennemis naturels [51]

Hyménoptères parasitoïdes :

Protelenomus (*Epinomus*) *anoplocnemidis**, *Acrolisoides africanus**.

9.1.3 Les Diptères : Mouches des fruits et Mouches mineuses

Bactrocera dorsalis (fam. : Tephritidae)

Nom commun

Mouche de fruits asiatique, Mouche orientale des fruits.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 500 espèces botaniques) : Agrumes, bananier, goyavier, manguiers, pêcher [33, 58, 234].

Secondaires :

- Annonaceae, ardisie crantée, aubergine, cacaoyer, caféier, carisse, carambole, cerisier des Antilles, citrouille, coloquinte, cognassier, concombre, courgette, durian, figuier, goyavier de Chine, griottier, jaquier, jujubier, kaki, kumquat, margose, litchis, melon, mangoustan, noyer, noyer d'Amérique, pastèque, passiflore, poirier, poirier de Chine, prunier, prunier de Madagascar, sapotillier, tomate, vigne et autres plantes-hôtes non cultivées (*Aporosa villosa*, *Artocarpus elasticus*, *Castanopsis* sp., *Carissa carandas*, *Celtis tetrandra*, *Chrysophyllum cainito*, *Cissus repens*, *Clausena lansium*, *Clusia rosea*, *Coccinia grandis*, *Coccoloba uvifera*, *Diospyros maritima*, *D. mollis*, *D. montana*, *Donella lanceolata*, *Dracaena reflexa*, *Drypetes floribunda*, *Eugenia palumbis*, *Excoecaria agallocha*, *Fagraea ceilanica*, *Ficus chartacea*, *F. hirta*, *F. istulosa*, *Garcinia atrovirens*, *G. celebica*, *G. costata*, *G. dulcis*, *G. intermedia*, *G. griffithii*, *G. prainiana*, *Gmelina philippensis*, *Ixora macrothyrsa*, *Lepisanthes fruticosa*, *Litsea salicifolia*, *Maclura cochinchinensis*, *Malpighia glabra*, *Mangifera casturi*, *M. pajang*, *M. odorata*, *M. lalijawa*, *M. laurina*, *M. quadrifida*, *Momordica balsamina*, *Momordica cochinchinensis*, *Mimusops elengi*, *Mitrephora maingayi*, *Microcos tomentosa*, *Morus nigra*, *Murraya paniculata*, *Myxopyrum smilacifolium*, *Nephelium cuspidatum*, *Ochreinauclea maingayi*, *Pouteria* spp., *Saba senegalensis*, *Sesbania grandiflora*, *Simarouba glauca*, *Siphonodon celastreus*, *Solanum lasiocarpum*, *S. mauritanum*, *S. sessiliflorum*, *S. stramonifolium*, *S. torvum*, *S. trilobatum*, *Sorindeia madagascariensis*, *Spondias* spp., *Strychnos mellodora*, *Syzygium* spp., *Terminalia catappa*, *Trichosanthes costata*, *Vaccinium reticulatum*, *Viburnum japonicum*, *Uvaria littoralis*, *Ximenia americana*) [33, 58, 234].

Cycle [92, 93]

Température, humidité relative et précipitation affectent la survie de *B. dorsalis*, son activité en vol et la dynamique de sa population. En fonction de ces conditions, le cycle biologique de *B. dorsalis* se déroule sur deux à plusieurs semaines.

La femelle accouplée perce la peau du fruit mûr et y pond des œufs en quelques lots, dont la quantité dépend de la qualité du fruit. Les œufs éclosent en 1-3 jours et les larves s'alimentent en consommant les fruits de l'intérieur pendant 9 à 35 jours. Les larves sont de couleur blanc crème, ont une forme d'asticot typique et peuvent atteindre 12 mm de long au dernier stade de développement. Elles sont très mobiles et passent par trois phases larvaires. La nymphose a lieu dans le sol autour du végétal infecté. Les pupes, en forme de tonnelet de couleur jaune à marron, se forment dans la partie superficielle du sol. Après 1-2 semaines, les mouches adultes émergent du sol. Elles ont en général besoin d'une semaine environ (8-12 jours) pour atteindre la maturité sexuelle et peuvent vivre de 1 à 12 mois. *Bactrocera dorsalis* s'accouple généralement une fois dans sa vie, mais des essais menés en laboratoire ont décrit que plusieurs accouplements amélioreraient la fertilité des femelles. Cependant, les femelles vierges vivent plus longtemps que les femelles accouplées. Pendant sa période de fécondité, une femelle peut pondre environ 3000 œufs dans les fruits et légumes hôtes.

B. dorsalis est multivoltine. Plusieurs cycles de développement peuvent avoir lieu par an, selon les conditions climatiques. Ainsi, les populations peuvent augmenter rapidement en nombre. *B. dorsalis* a surtout besoin d'un approvisionnement continu de fruits frais pour maintenir une population viable.

Symptômes, dégâts [175, 234]

Les dégâts sont essentiellement causés par les larves qui se nourrissent de la pulpe du fruit et secondairement par le développement de moisissures sur les parties atteintes. Les symptômes, notamment ceux correspondant

aux piqûres de pontes, sont plus ou moins variables selon les fruits et légumes attaqués. Pour les agrumes, par exemple, on observe un halo jaune en début d'attaque.

Figure 29 : Larves, pupes et adulte de *B. dorsalis*. Dégâts sur mangues. Hyménoptères parasitoïdes sur œufs et larves de *B. dorsalis*.



Méthodes culturales [2, 58, 226, 235, 236]

- Développement d'une couverture végétale permanente au sol (plantes à fleurs,...), qui permet de limiter le cycle de développement des mouches et augmente la prédation des fourmis ou araignées.
- Piégeage des adultes à l'aide de pièges appâtés avec du méthyl eugénol (surveillance des populations).
- Récupération des fruits tombés au sol. Chaque fruit peut générer des centaines de mouches d'une nouvelle génération.
- Placer les fruits piqués dans un augmentorium situé dans le verger. Il est doté d'une fenêtre obturée avec une toile dont la maille (~2mm) empêche la sortie des mouches qui éclosent mais permet la sortie des insectes parasitoïdes, qui régulent les populations de mouches dans le verger. A défaut d'augmentorium, on peut utiliser un fût, ou une poubelle, pourvue d'un filet fixé sur le couvercle.
- Traitement foliaire par tache à base de protéine hydrolysée + spinosad (Succes Appat®, Syneis Appat®, Cazuolie®).

Ennemis naturels [58, 227, 236]

Hyménoptères parasitoïdes :

*Fopius arisanus**, *Diachasmimorpha longicaudata* (Réunion, Polynésie, Guam, Hawaï, Saïpan), *Psytalia incisi* (Guam, Hawaï, Saïpan), *Austroopius fijiensis*, *Biosteres angaleti*, *Bracon fletcheri*, *Diachasmimorpha tryoni*, *Doryctobracon areolatus*, *Opius* spp., *Tetrastichus giffardianus* (Hawaï), *Pachycrepoides vindemmiae* (Réunion, Maurice, Bénin, Grèce, Italie), *Spalangia endius* (Maurice, Réunion).

Nom commun

Mouche malgache des fruits.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : Agrumes, avocatier, goyavier, pêcher, mangue, pommier, poirier, prunier [17, 58, 124, 199, 200, 236].

Secondaires :

- Carambole, litchis, kaki, néflier du Japon, *Poupartia caffra*, *Sclerocarya birrea*, *Strychnos spinosa*, *Syzygium jambos*, *S. malaccensis*, *Terminalia catappa* [58, 124, 199].

Cycle [94, 199, 200]

La biologie et la durée de développement des mouches des fruits dépendent de la température, de l'humidité relative du milieu et des plantes-hôtes. Pour la plupart des cératites, le cycle de vie est similaire et se déroule sans diapause selon le schéma suivant à 25°C et 75% HR : les œufs déposés par les femelles sur la plante-hôte éclosent au bout de 2-3 jours. A l'éclosion des œufs, 3 stades larvaires se succèdent et durent 5-15 jours avant de se transformer en pupes (8-12 jours). Le cycle biologique de *C. malgassa* varie de 16-88 jours suivant la nature du fruit. D'autre part, pour une même espèce fruitière, la durée du développement n'est pas uniforme selon la maturité du fruit. Le nombre de larves qu'un fruit peut supporter varie de 2 (kaki) à 92 (mangues) suivant les espèces fruitières.

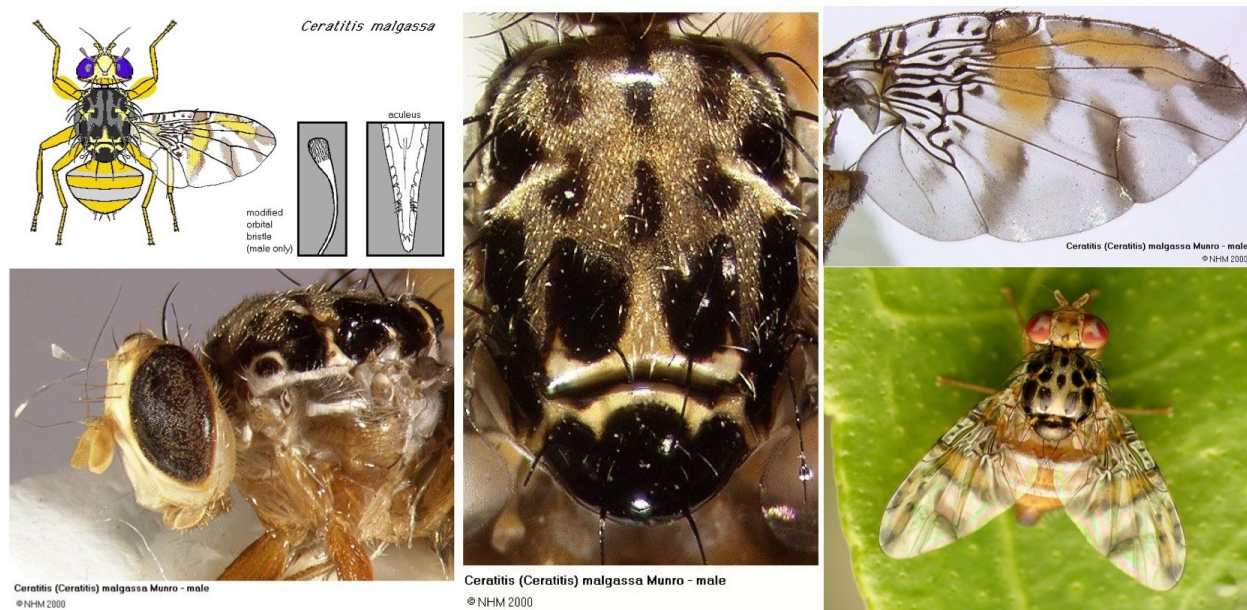
L'émergence des adultes est suivie d'une période de maturation de plusieurs jours au bout de laquelle, ils deviennent sexuellement actifs (3-4 jours après émergence des pupes pour les mâles et environ 6-8 jours après pour les femelles adultes). La durée de la préoviposition pour les femelles varie de 4 à 14 jours suivant la température. Les adultes émergés peuvent vivre 40-90 jours.

Les mâles peuvent s'accoupler fréquemment, tandis que les femelles deviennent sexuellement non réceptives pour plusieurs semaines après l'accouplement. La fécondité des femelles mouches des fruits dépend de la température avec le maximum de production d'œufs dans la gamme de température comprise entre 25 et 30°C.

Symptômes, dégâts [17, 94, 199, 200, 236]

Les dégâts sont essentiellement causés par les larves qui se nourrissent de la pulpe du fruit et secondairement par le développement de moisissures sur les parties atteintes. Les symptômes, notamment ceux correspondant aux piqûres de pontes, sont plus ou moins variables selon les fruits attaqués. Pour les agrumes, par exemple, on observe un halo jaune en début d'attaque.

Figure 30 : Adulte de *C. malgassa*.



Méthodes culturales [2, 17, 94, 199, 200, 236]

- Développement d'une couverture végétale permanente au sol (plantes à fleurs, ...), qui permet de limiter le cycle de développement des mouches et augmente la prédation des fourmis ou araignées.
- Piégeage des adultes à l'aide de pièges appâtés avec du trimedlure ou du Cérafor® (essence de graine d'Angélique). Le Cératène® attire les femelles de *C. malgassa*. Ce piégeage peut également se faire à l'aide de pièges alimentaires à base d'hydrolysats de protéine (surveillance des populations).
- Récupération des fruits tombés au sol et stockage dans un augmentorium (permet la sortie des insectes parasitoïdes issus des larves de mouches).
- Ramassage et destruction par enfouissement profond des fruits véreux.
- Utilisation de barrières physiques à la ponte : envelopper les fruits dans un journal, un sac en papier, un manchon en polythène.
- Suppression autour des grandes plantations, les plantes relais non cultivées tels que les goyaviers qui constituent des foyers de multiplication pour *C. malgassa*.
- Traitement foliaire par tache à base de protéine hydrolysée + spinosad (Succes Appat®, Syneis Appat®, Cazsuolie®).

Ennemis naturels [17, 58, 94, 199, 200, 236]

Hyménoptères parasitoïdes :

*Diachasmimorpha longicaudata** (Madagascar : citrus, pêcher), *Diachasmimorpha insignis**, *Muscidifurax raptor**, *Opius oophilus**, *Pachycrepoideus vindemniae**, *Psytalia concolor**.

Dacus demmerezi (fam. : Tephritidae)

Nom commun

Mouche des cucurbitacées de l'Océan Indien.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : Cucurbitacées (concombre, courge, courgette, melon, pastèque, ...) [17, 58, 204].

Secondaires :

- *Cucumis anguria*, *Lagenaria siceraria*, *Luffa acutangula*, *Momordica charantia*, *Trichosanthes cucumerina* [33, 58, 236].

Cycle [130, 236]

Les mouches des cucurbitacées piquent les fruits à l'aide de leur ovipositeur pour y déposer leurs œufs (plusieurs dizaines) à faible profondeur. Dès leur éclosion, les asticots se nourrissent de la pulpe pendant plusieurs jours avant de quitter le fruit pour s'enfouir dans le sol et se transformer en puppe. De cette puppe sortira une mouche adulte. Le cycle complet de l'œuf à l'adulte dure de 20 à 30 jours selon l'espèce et les conditions climatiques. Un élément de biologie important réside dans le fait que les populations de mouches adultes vivent majoritairement en dehors de la parcelle cultivée, en l'occurrence dans la végétation environnante ou sur des plantes pièges installées à cet effet (comme le maïs).

En conditions naturelles, cette espèce peut vivre environ 3 mois et pondre jusqu'à 400 œufs.

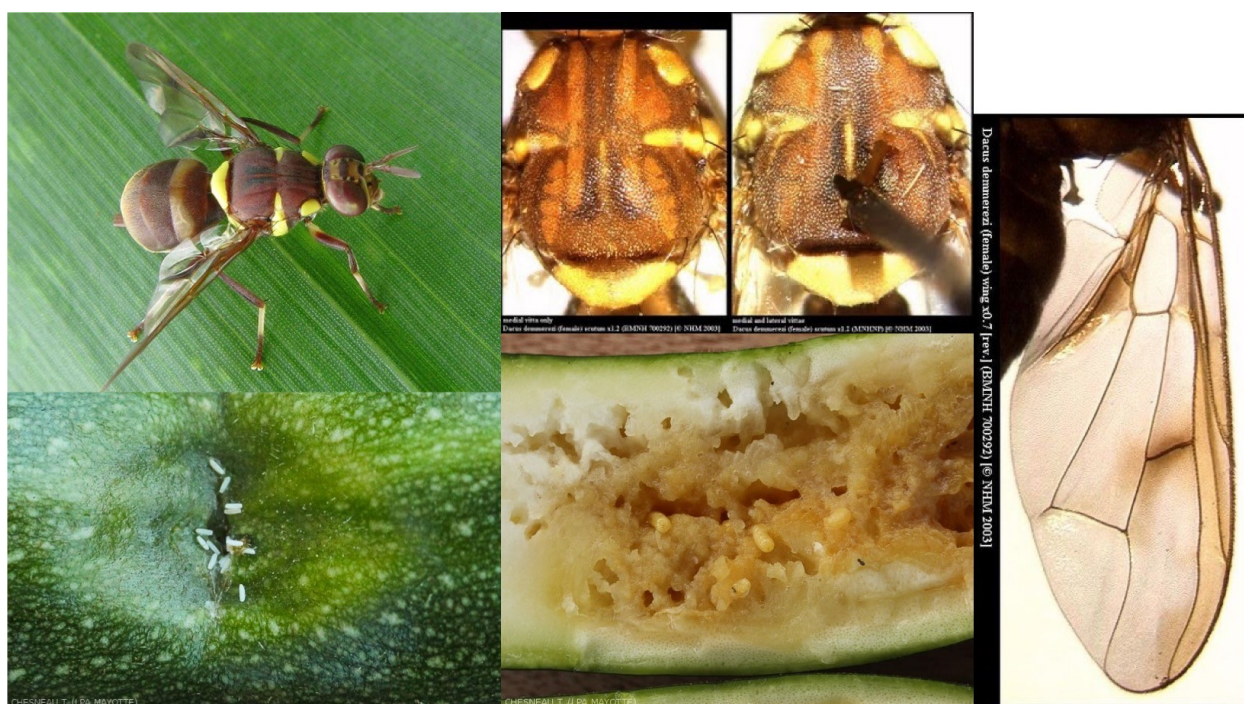
Symptômes, dégâts [66, 83, 130, 226, 236]

Seules les femelles adultes causent des dégâts en piquant les fruits des cultures attaquées. Elles peuvent occasionner des dégâts importants de l'ordre de 90 à 100 % de pertes en culture de plein-champ.

Les piqûres des mouches provoquent une blessure sur l'épiderme des fruits qui peut rapidement entraîner une pourriture de la chair. Par ailleurs, le développement des asticots à l'intérieur du fruit le rend impropre à la commercialisation.

L'estimation des dégâts est réalisée par comptage, soit du nombre de caisses d'écart de triage sur le nombre de caisses récoltées, soit par comptage des fruits piqués sur un certain nombre de plants. Le seuil de risque retenu est de 5 % de caisses d'écart de triage ou 5 % de fruits piqués. Le dépassement de ce pourcentage peut conduire à une augmentation importante des attaques.

Figure 31 : Larves, œufs sur courgette et adulte femelle de *D. demmerezi* sur feuille de maïs.



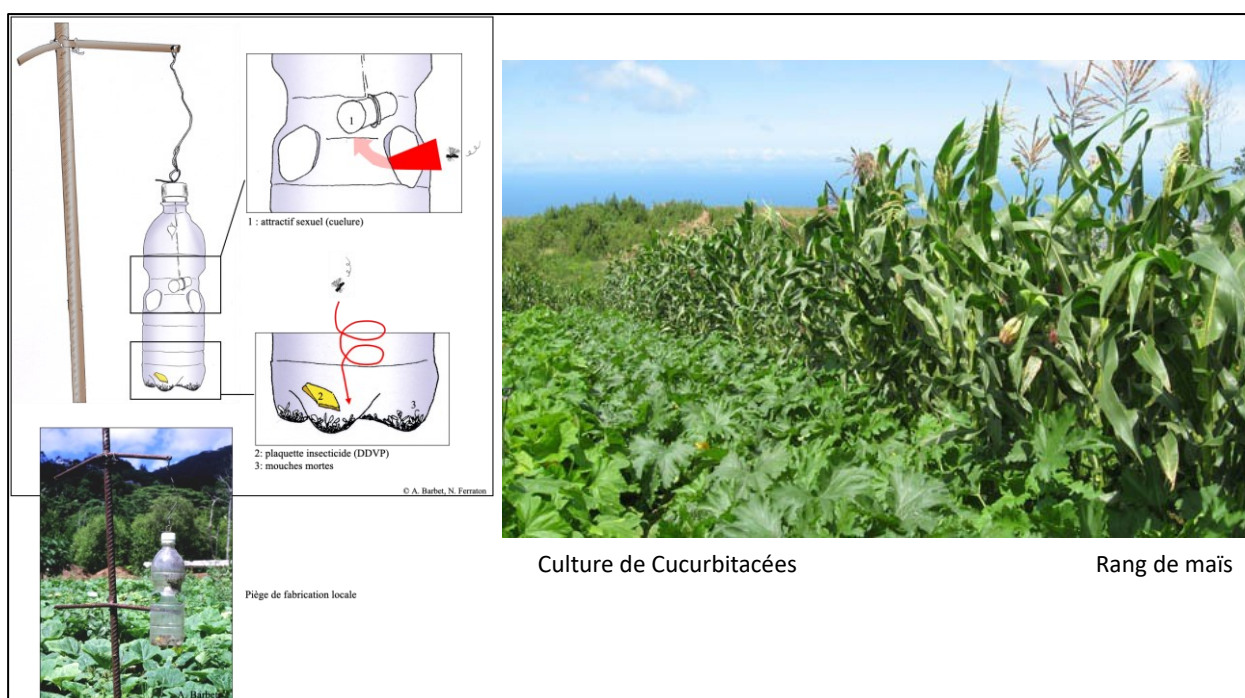
Méthodes culturales [66, 82, 83, 130, 224, 236]

- La méthode la plus efficace pour maintenir les dégâts de la mouche des cucurbitacées à un seuil acceptable est d'entraver le cycle de reproduction de l'insecte en éliminant les fruits piqués lors des suivis de culture (au moins 2 fois par semaine). Ces fruits sont jetés dans un augmentorium, qui les stocke tout au long de leur dégradation. L'augmentorium est doté d'une fenêtre obturée avec une toile dont la maille

(environ 2 mm) empêche la sortie des mouches qui émergent mais permet la sortie des insectes parasitoïdes issus des larves de mouches. A défaut d'augmentorium, on peut utiliser un fût ou une poubelle, pourvu d'un filet fixé sur le couvercle.

- Les légumes piqués peuvent aussi être distribués aux animaux (poules, canards, cochons...).
- Installer des plantes pièges (maïs) en bordure de parcelles de Cucurbitacées ou en bandes à l'intérieur des parcelles pour attirer et traiter le ravageur. Le rapport entre le nombre de mouches observées sur les plants cultivés de courgette et le nombre de mouches observées sur les bordures de maïs est de l'ordre d'un à 100 dans la plupart des situations expérimentales effectuées à l'île de La Réunion ou à Mayotte.
- Utilisation du piégeage de masse à l'aide de pièges appâtés avec du cueure. Ce type de piège de fabrication locale avec une bouteille d'eau minérale vendue dans le commerce peut également être placé dans la parcelle pour une surveillance des populations de mouches.
- Traitement foliaire par tache de la spécialité commerciale Syneis Appat®, composée à 99,98% de protéines hydrolysées ayant un effet d'attractivité et à 0,02% de spinosad, un insecticide biologique homologué en AB. Sur courgette, concombre, citrouille, melon... : pulvériser par tache tous les 10 m sur les rangs de maïs entourant la parcelle car les mouches passent 90 % de leur temps sur les abords de la parcelle sur des plantes attractives comme le maïs.

Figure 32 : Méthode de lutte agroécologique : utilisation de pièges sexuels pour un piégeage de masse et de plantes pièges (maïs) pour attirer les adultes hors de la parcelle et les traiter avec du Syneis Appat®.



Ennemis naturels [19, 58, 66, 154, 236]

Hyménoptères parasitoïdes :

*Fopius arisanus** (Madagascar : Cucurbitacées), *Psytalia fletcheri* (Réunion : Cucurbitacées), *Psytalia insignipennis*, *Psytalia phaeostigma**.

Liriomyza trifolii (fam. : Agromyzidae)

Nom commun

Mouche mineuse américaine, Mouche mineuse californienne, Mineuse du gerbéra.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 400 espèces de plantes dans 28 familles) : ail, arachide, betterave, céleri, chou de Chine, chrysanthème d'automne, concombre, coton, courge, courgette, gombo, haricot, laitue, melon, niébé, pois du Cap, pois de jardins [58, 99, 100].

Secondaires :

- *Cassia* sp., carotte, *Centaurea* spp., *Chenopodium* spp., *Cucurbita moschata*, *Erigeron* sp. fève, *Gazania* sp., *Gerbera* sp., glaïeuls, lampourde, *Luffa aegyptiaca*, oignon, pastèque, poivron, potiron, ricin, soja, verveine et d'autres plantes non cultivées (*Baccharis* sp., *Cestrum* spp., *Crataegus* sp., *Crotalaria* sp., *Ipomoea* sp., *Melilotus* sp., *Mollucella* spp., *Ocimum* sp., *Sonchus* spp., *Taraxacum* sp., *Titbonia* sp., *Tribulus* sp., *Typha* sp.) [58, 99, 100].

Cycle [130, 203]

Les mouches mineuses ont 6 stades de développement : œuf, 3 stades larvaires, pupes et adulte.

Les œufs sont déposés dans les tissus lors des piqûres de pontes à l'aide de l'ovipositeur des femelles. Une femelle peut produire plusieurs centaines d'œufs qui, par la suite, éclosent et donnent naissance à des larves transparentes et longue de 0,5 mm. Celles-ci creusent dans les folioles des galeries que la présence d'excréments noirs rend bien visibles. Les larves blanches du troisième stade, longues de 2,5 mm, percent le limbe, quittent les folioles, se laissent tomber sur le sol et s'enterrent à faible profondeur. Par la suite, elles se transforment en pupes en forme de tonnelet et dont la couleur varie en vieillissant du jaune au marron foncé, les pupes noirâtres sont souvent celles qui sont parasitées.

La durée de leur cycle varie en fonction de la température, elle est de 41 jours à 15°C et passe à 17 jours à 25°C. Les durées de vie des femelles à ces températures sont respectivement de 14 et 7 jours.

Symptômes, dégâts [130, 203]

Le dégât principal est dû aux larves qui minent les feuilles. Ils sont caractérisés par :

- la présence de mines sur les feuilles.
- la réduction de la capacité de photosynthèse des plantes. Ce qui provoque un ralentissement du développement des fleurs et des fruits.
- des brûlures sur les fruits, comme c'est le cas pour les melons et tomates dans les régions tropicales.
- la chute des feuilles entraîne en général une baisse de rendement.

Des dégâts indirects interviennent lorsque des bioagresseurs cryptogamiques ou bactériens pénètrent dans les tissus de la plante à partir des piqûres nutritionnelles.

L'importance des dégâts de la mineuse des feuilles, *Liriomyza trifolii* a été évaluée en station, dans les conditions du Sénégal. L'étude a porté sur l'estimation de l'incidence de ses dégâts sur le rendement des cultures de haricot (variété Royalnel) et de tomate (variété Xeevel I Navet améliorée). Les pertes de récolte enregistrées sont de l'ordre de 8% sur la première spéculation (densité moyenne 14 larves par plant) et de 41% sur la seconde (densité moyenne 111 larves par plant). Ces résultats de terrain prouvent que *Liriomyza trifolii* peut avoir une grande incidence sur les cultures.

Figure 33 : Larves et adulte de *L. trifolii*. Galeries sur feuilles de tomates et haricot.



Méthodes culturales [130, 203]

- Utiliser une pépinière avec un filet insect-proof. En effet, les jeunes plants sont sensibles aux attaques des mouches mineuses.
- Contrôler la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans le champ (les mines sont faciles à repérer sur jeunes plants).
- Désherbage de la parcelle et ses abords.
- Détection des premiers ravageurs grâce aux panneaux jaunes englués disposés dans la culture dès l'introduction des plants.
- Retirez les feuilles atteintes dès que vous repérez les mines, destruction systématique des parties infestées.
- Mise en place d'une rotation des cultures avec des plantes non-hôtes.

Ennemis naturels [58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Chrysocharis ainsliei, *C. caribea*, *C. clarkae*, *C. melaensis*, *C. oscinidis*, *C. pentheus*, *C. punctiventris* (Hawaï, Sénégal : chrysanthème, gombo, pomme de terre, tomate), *Chrysonotomyia punctiventris* (Hawaï, Sénégal : chrysanthème, gombo, pomme de terre, tomate), *Cirrospilus vittatus*, *Closterocerus purpureus*, *C. utahensis*, *C. trifasciatus*, *Cothonaspis pacifica*, *Dacnusa sibirica* (Hollande : tomate), *Diglyphus isaea* (Pologne, Hollande, Hawaï : tomate, chrysanthème), *Diaulinopsis callichroma* (Hawaï, Trinidad & Tobago, Sénégal : aubergine, chrysanthème, gombo, pomme de terre, tomate), *Eucoilidea fetura* (Guam, Hawaï : haricot, niébé), *Ganaspidium hunteri*, *Halticoptera circulus* (Hawaï, Trinidad & Tobago, Sénégal : aubergine, chrysanthème, gombo, pomme de terre, pastèque), *Neochrysocharis formosa*, *Opius dimidiatus*, *O. dissitus*, *O. montanus*, *O. pallipes*.

Punaises prédatrices :

Macrolophus caliginosus, *Orius* spp., (Hawaï, Sénégal, Hollande : tomate, gombo, pomme de terre).

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus*, *Paecilomyces fumosoroseus*.

Nom commun

Mouche mineuse du haricot, Mouche de la tige du haricot.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : haricot commun, niébé, pois d'Angole, pois du Cap, pois de jardins [58, 99, 100].

Secondaires :

- haricot mungo, soja, et de nombreux autres membres de la famille des Légumineuses (*Macroptilium lathyroides*,) [58, 99, 100].

Cycle [130]

Les mouches mineuses passent par 3 stades de développement : œuf, larves et pupe.

La femelle d'*O. phaseoli* pond durant les heures chaudes environ 40 à 80 œufs sur les plantules. Les œufs éclosent au bout de 2 à 4 jours. La vie larvaire passe par trois phases et dure 10 jours et le stade nymphale dure entre 8 à 12 jours selon la température.

La larve vit en mineuse dans les feuilles pendant 1-2 jours puis creuse une galerie jusqu'au collet à travers le pétiole de la tige.

Symptômes, dégâts [130, 174]

Le dégât principal est dû aux larves qui attaquent les semis, au cours des 3 ou 4 semaines suivant leur apparition. Les plantes plus âgées et plus vigoureuses peuvent tolérer les dommages mais deviennent rabougries et ont un rendement réduit. Les symptômes sont caractérisés par :

- la présence d'un grand nombre de piqûres et de taches jaunes claires sur la face supérieur des feuilles, en particulier au bas des plants.
- la présence ensuite de galeries sur les feuilles qui deviennent visibles sous la forme de rayures argentées.
- la présence de galeries dans les tiges où les larves peuvent se nymphoser.
- la présence de gonflements qui peuvent se produire à la jonction de la tige et de la racine.
- la destruction des tissus internes autour de la zone racine-tige, causant le jaunissement des feuilles.
- la chute des feuilles, le retard de croissance et même la mort de la plante.

En pépinière, les dommages graves sont indiqués par un flétrissement et la mort des plantules.

Figure 34 : Larves (tiges) et adulte de *O. phaseoli*. Larves sur cotylédons de haricot. Dégâts sur plant de niébé. Principaux Hyménoptères parasitoïdes de *O. phaseoli*.



Méthodes culturales [130, 174, 203]

- Utiliser une pépinière avec un filet insect-proof. En effet, les jeunes plants sont sensibles aux attaques des mouches mineuses.
- Utilisation de variétés tolérantes/résistantes (EXL55, G11746, G22501)²². Vérifiez si des variétés tolérantes sont disponibles au niveau national.
- Contrôle de la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans le champ (les mines sont faciles à repérer sur jeunes plants).
- Désherbage de la parcelle et ses abords. Assurer deux binages, l'un dès la levée, l'autre au stade quatre feuilles, afin d'arrêter le développement de l'insecte et de faciliter l'émission de nouvelles racines.
- Détection des premiers ravageurs grâce aux panneaux jaunes englués disposés dans la culture dès l'introduction des plants.
- Retirez les feuilles atteintes dès que vous repérez les mines, destruction systématique des parties infestées. Brûler les plantes attaquées lorsque les infestations au champ sont trop importantes.
- Pailler les parcelles pour encourager la formation de racines adventives et stimuler la croissance des plants attaqués. Aussi, en recouvrant les plantes endommagées par un buttage, on stimule la pousse de nouvelles racines au niveau du collet.
- Mise en place d'une rotation des cultures avec des plantes non-hôtes (céréales).

Ennemis naturels [1, 58, 118, 154, 174]

Hyménoptères parasitoïdes :

Callitula yasudi, *Chrysonotomyia erythraea*, *C. formosa*, *Eupelmus eurozonus*, *E. grayi*, *Eurytoma poloni*, *Hemiptarsenus agromyzae*, *H. varicornis* (Réunion, Sénégal), *Metacolus subaenea*, *Opius importatus** (Hawaï : haricot), *Opius liogaster*, *Opius phaseoli**, *Opius* spp. (Hawaï, Guam, Brunei : haricot), *Plutarchia bicariniventris*, *Polycystomyia benefica*, *Sphegigaster agromyzae*, *S. brunneicornis*, *S. hamugurivara*, *S. stepicola*.

²² Des tentatives de sélection variétale ont été faites à l'AVRDC (World Vegetable Center, Taiwan), ainsi qu'au CIAT en Colombie.

Nom commun

Ver blanc [142, 143].

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : maïs, pomme de terre, riz, vigne, Graminées (*Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Eragrostis tef*, *Festuca arundinacea*, *Lolium spp.*, *Paspalum dilatatum*, *Pennisetum purpureum*, *Trifolium semipilosum*) [58, 99, 100].

Secondaires :

- Ananas, arachide, bégonias, blé, canne à sucre, carotte, choux, courge, fraisier, laitue, navet, pétunias, pois du Cap, rosier, sorgho, soucis, tabac, tomate [58, 99, 100].

Cycle [195]

Les œufs sont pondus dans le sol à une profondeur de 10 mm entre mi-février et la fin du mois de juillet. A 25°C, les œufs éclosent 2 semaines après la ponte (à partir du mois de mars), donnant le premier stade larvaire.

Les *Heteronychus* spp. passent par trois stades larvaires. Selon l'espèce la durée moyenne des trois stades larvaires est d'environ 98 jours pour *H. arator* et de 183 pour *H. plebeius*. La phase nymphale dure entre 14 et 20 jours selon les espèces. Les adultes de deux espèces peuvent vivre plus de 200 jours. Les températures entre 20-25°C constituent l'optimum thermique pour leur développement.

L'émergence des adultes coïncide avec l'arrivée des premières pluies et à la mise en place des cultures pluviales, plus particulièrement du riz pluvial. La quasi-totalité des adultes de *Heteronychus* spp. émergent entre les mois d'octobre et de janvier et présente un pic au mois de décembre pour se terminer progressivement en janvier. Le vol est déclenché par les premières pluies d'octobre ou de novembre. L'insecte est univoltin, avec une seule génération annuelle.

Le cycle de développement de l'œuf à l'émergence de l'imago peut prendre 3 mois.

Symptômes, dégâts [40, 54, 58, 143, 195]

Le dégât principal est dû aux larves qui rongent le système racinaire des plantes-hôtes. Ils sont caractérisés par un dessèchement de la plante et sa mort.

Figure 35 : Larves (L1, L2, L3) et adulte de *H. arator*. Larve L3 et adulte de *H. plebeius*. Piège Pitfall installé en riz pluvial pour détecter les premiers adultes.



Méthodes culturales [13, 17, 19, 195, 197]

- Labour du sol. Un sarclage à 6-8 cm de profondeur après plantation supprime 30 à 50% de la population de *H. arator*.
- Installation de couvertures vives dans le cas de SCV, permet une réduction des dégâts sur riz par « effet de leurre ».
- Détection des premiers adultes grâce aux pièges pitfall disposés dans la culture.
- Mise en place d'une rotation des cultures avec des plantes non-hôtes.

Ennemis naturels [51, 52, 58, 154, 193,]

Hyménoptères parasitoïdes :

Tiphia transvaalensis.

Diptères parasitoïdes :

Dexia rustica, *Microphthalma europaea*, *M. sejuncta*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Adelina tenebrionis, *Metarhizium anisopliae**, *Oryctes rhinoceros nudivirus*, small RNA viruses.

Cylas formicarius (fam. : *Apionidae*)

Nom commun

Charançon de la patate douce, Charançon faux-fourmi.

Plantes-hôtes

Principales :

- Oligophage : patate douce [58, 99, 100].

Secondaires :

- Taro, *Calystegia sepium*, *Cuscuta* sp., *Ipomoea aquatica*, *Ipomoea cairica*, *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea purpurea*, *Ipomoea quamoclit*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Ipomoea* sp., *Pharbitis nil* [58, 99, 100].

Cycle [69]

La femelle pond ses œufs un à un dans de petites cavités creusées à l'intérieur des tiges et des tubercules, cavités qu'elle rebouche avec précaution au moyen de la terre et de ses déjections. La ponte est en moyenne de 2 à 4 œufs quotidiens, soit environ 250 œufs au cours d'une vie.

A l'éclosion, les larves pénètrent à la base des tiges ou des tubercules et forent des galeries à mesure qu'elles se nourrissent. L'ensemble de la phase larvaire ainsi que la nymphose ont lieu dans le végétal.

Le cycle biologique de *C. formicarius* est composé de 3 phases de développement (stade larvaire, nymphose et adulte). La durée du cycle complet (de l'œuf à l'œuf) dure de 1 à 2 mois. Il varie en fonction de la température. L'adulte sort enfin des galeries et évolue sous la végétation de la culture.

Au champ, 2 générations d'insectes peuvent se succéder sur une même culture en place pendant 4 mois. Entre 28 et 30°C, les adultes peuvent vivre 3 mois.

Symptômes, dégâts [13, 14, 69]

Ils sont caractérisés par :

- des rares morsures et perforations sur feuilles sans impact sur la culture.
- la présence de galeries dans les tubercules.

Figure 36 : Larves et adulte de charançons de la patate douce. Dégâts sur tubercule. Piège et attractif sexuel pour la capture d'adultes sur un rayon de 60 mètres pendant 6 mois.



Méthodes culturales [69]

- Utilisation de cultivars résistants ou tolérants (TIS3053, TIS2328, TIS2530, TIS2532, TIS2153, TIS2534, TIS2498, TIS2498, TIS2534 et TIS3017).
- Utilisation de variétés à enracinement profond et à cycle court lorsque la pression de ces ravageurs augmente.
- Utilisation de boutures de tête effeuillées permettant de limiter les risques d'introduire du matériel végétal contenant des œufs et larves.
- Éloigner d'une distance de 500 mètres au moins les nouvelles cultures des précédentes afin de retarder l'arrivée de *C. formicarius*.
- Utilisation d'un paillage à base de balles de riz pour faire barrière aux adultes et pour conserver l'humidité du sol.

- Mettre en place un système de piégeage avec un attractif sexuel tout au long de la culture ; il peut être maintenu jusqu'à 6 mois après la récolte pour continuer à réguler la population. Dans le cas de nouvelles parcelles, le dispositif sera placé à la périphérie de la parcelle afin de retarder au maximum l'introduction des charançons.
- Réduire la durée de récolte d'une parcelle permet de minimiser l'impact et le développement du ravageur.
- Utilisation de la culture intercalaire, enlèvement de tous les débris végétaux et des plantes spontanées après la récolte car peuvent contenir des formes larvaires.
- Rotation impérative des cultures (5 ans recommandés) ou mettre en jachère pour casser les cycles et prévenir les ré-infestations.
- Pulvérisation de biopesticides à base de neem pour réduire les populations d'adultes. N'affecte pas les larves.

Ennemis naturels [58]

Hyménoptères parasitoïdes :

Bracon cylasovorus, *B. mellitor*, *B. punctatus*, *Euderus purpureas*, *Rhaconotus menippus*.

Diptères parasitoïdes :

Drapetis exilis.

Nématodes entomophages :

Steinernema carpocapsae.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana, *Metarhizium anisopliae**.

9.1.4 Les Acariens

Tetranychus urticae (fam. : Tetranychidae)

Nom commun

Acarien jaune tisserand, Tétranyque à deux points.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage (plus de 1200 espèces de plantes) : tomate, aubergine, gombo, coton, soja, pêche, pomme, manioc, vigne, maïs [58, 99, 100, 130].

Secondaires :

- Cardamome, chrysanthème, *Citrus* spp., courgette, figuier commun, fraisier, oignon, luzerne, melon, patate douce, pastèque, prunier et autres plantes non cultivées (*Catharanthus roseus*, *Cucurbita moschata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Euphorbia* spp.) [58, 99, 100, 130].

Cycle [129]

Le tétranyque tisserand passe par 5 stades de développement : œuf, larve, protonympe, deutonympe et adulte. La durée d'un cycle varie en fonction de la température : d'environ 7 jours à 30°C et de 36 jours à 15°C. Les températures de développement se situent entre 29 et 40 °C et une humidité relative entre 20 et 40 %.

les œufs sont pondus principalement sur la face inférieure des folioles. Ils sont ronds, minuscules (0,14 mm de diamètre), translucides dans un premier temps puis deviennent opaques, et finissent par jaunir à l'approche de l'éclosion. Les larves, qui ont 3 paires de pattes, sont d'abord très pâles, puis prennent une teinte verdâtre. Les protonymphes, de taille plus importante, ont quatre paires de pattes et leur couleur varie du vert clair au vert foncé ; elles possèdent également deux taches plus contrastées sur leur corps. Les deutonymphes sont plus grosses que les protonymphes mais de même couleur. Entre chaque stade, les Tétranyques forment une chrysalide immobile et entrent en mue.

C'est au stade adulte que l'on peut distinguer les mâles des femelles : la femelle, ovale, mesure de 0,5 à 0,6 mm de longueur. Sa couleur est variable (orange, jaune clair, vert clair à vert foncé, voire rouge). Le mâle est plus actif, plus petit et plus étroit que la femelle. Il a aussi une couleur variable (jaune clair à orange, jaune foncé à marron). Sur tomate, *T. urticae* est fréquemment rougeâtre. Les femelles entrent en diapause lorsque les jours raccourcissent, que la température baisse et que leur source de nourriture diminue ou s'appauvrit.

Une femelle peut pondre plus de 100 œufs au cours de sa vie (2 mois). Sous les climats tropicaux, on peut observer plus de 10 générations par an. *T. urticae* se reproduit de façon sexuée et asexuée. Les femelles fécondées produisent majoritairement des œufs femelles diploïdes, mais évitent la fécondation de quelques ovules pour produire des mâles haploïdes. Les femelles non fécondées produisent uniquement des mâles haploïdes. La population de *T. urticae* compte en moyenne 1 mâle pour 3 femelles.

Symptômes, dégâts [130]

T. urticae se nourrit en aspirant le contenu des cellules de la face inférieure des feuilles à l'aide de ses pièces buccales de type piqueur-suceur. Les symptômes sont caractérisés par :

- l'apparition de minuscules taches chlorotiques plus ou moins dispersées sur le limbe. Ce dernier jaunit progressivement et prend une teinte terne.
- la présence de délicates toiles soyeuses visibles au sein du couvert végétal.
- un jaunissement des feuilles lors d'attaques sévères. Certaines feuilles peuvent flétrir et se dessécher. Avec le temps, le feuillage tombe.
- un retard de la croissance et mort des plants dans des cas extrêmes.

Figure 37 : Larves et adulte de *T. urticae*. Décoloration du feuillage. Toile visible sur tiges et feuilles.



Méthodes culturales [2, 24, 130]

- Contrôler la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans les parcelles.
- Suivi régulier de l'évolution des populations par examen visuel des feuilles des plants en périphérie de la parcelle (dé pistage précoce des infestations).
- Favoriser l'irrigation par aspersion pour réduire les populations.
- Éliminer les feuilles/plants trop infestés.
- Pulvérisation d'huile de colza (produits commerciaux en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).

Ennemis naturels [58, 130]

Coccinellidae prédatrices :

Scymnus rufipes, *Stethorus histrio*, *S. punctum*.

Punaises prédatrices :

Deraeocoris fasciolus, *D. punctulatus*, *Orius albidipennis*, *O. minutus*, *O. niger*, *O. tricolor*, *O. vicinus*.

Thrips prédateurs :

Aeolothrips intermedius, *Frankliniella schultzei*.

Acariens prédateurs :

Agistemus cyprius, *Allothrombium pulvinus*, *Amblydromella rhenanoides*, *Amblyseius addoensis*, *A. barkeri*, *A. bibens**, *A. degenerans*, *Agistemus cyprus*, *A. exsertus*, *Anthoseius candiglans*, *Enseius fustis*, *E. stipulatus*, *Neoseiulus californicus*, *N. fallacis*, *Kampimodromus aberrans*, *Phytoseius finitimus*, *Phytoseius plumifer*, *Phytoseiulus macropilis*, *P. persimilis*, *Typhlodromus italicus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Bacillus thuringiensis, *Beauveria bassiana*, *Conidiobolus obscurus*, *C. thromboides*, *Hirsutella thompsonii*, *Mycosphaerella tasiana*, *Neozygites floridana*, *Neozygites na.*

Nom commun

Tétranyque de Nouvelle-Calédonie.

Plantes-hôtes

Principales :

- Polyphage : arachide, coton, Cucurbitacées, maïs, manioc [19, 58, 99, 100, 181, 182].

Secondaires :

- ail, cocotier, *Dolichos lablab*, oignon, hibiscus, banane, passiflore, papaye, patate douce, pois d'Angole, *Phaseolus atropurpureus*, ricin et espèces non cultivées (*Acroceras* sp., *Brachiaria dejesa*, *Clerodendron* sp., *Corchorus* sp., *Datura stramonium*, *Polygonum* sp., *Rinorea greveana*, *Vernonia* spp., *Zanthoxylon tsibanimposa*) [58, 99, 100, 181, 182].

Cycle [181]

Entre l'œuf et l'adulte, les tétranyques passent par 3 stades larvaires actifs alternant avec 3 stades de repos. L'œuf donne naissance à une larve hexapode (L) qui se nourrit activement puis entre dans une première phase de repos (R₁) ou protochrysalide. Le stade actif suivant est la protonymphe (P) déjà octopode ; puis c'est une deuxième phase de repos (R₂) ou deutochrysalide, suivie du dernier stade larvaire ou deutonymphe (D) qui se distingue de la protonymphe par la taille. A partir du stade deutonymphe, la différence entre les individus qui donneront des mâles et ceux qui donneront des femelles s'établit nettement. Les premiers sont de petite taille, avec un abdomen étroit et jaunâtre tandis que les seconds sont plus développés, plus ronds et de couleur rosée. C'est enfin le troisième stade de repos (R₃) ou téliochrysalide auquel fait suite l'adulte.

La température permettant d'avoir le développement le plus rapide (7 à 12 jours) se situe, chez la plupart des espèces, entre 24 et 29,5° C.

Symptômes, dégâts [182]

T. neocaledonicus se nourrit en aspirant le contenu des cellules de la face inférieure des feuilles à l'aide de ses pièces buccales de type piqueur-suceur. Les symptômes sont caractérisés par :

- l'apparition de minuscules taches chlorotiques plus ou moins dispersées sur le limbe. Ce dernier jaunit progressivement et prend une teinte terne.
- la présence de délicates toiles soyeuses visibles au sein du couvert végétal.
- un jaunissement des feuilles lors d'attaques sévères. Certaines feuilles peuvent flétrir et se dessécher. Avec le temps, le feuillage tombe.
- un retard de la croissance et mort des plants dans des cas extrêmes.

Méthodes culturales [2, 130, 182]

- Contrôler la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans les parcelles.
- Suivi régulier de l'évolution des populations par examen visuel des feuilles des plants en périphérie de la parcelle (dépistage précoce des infestations).
- Favoriser l'irrigation par aspersion pour réduire les populations.
- Éliminer les feuilles/plants trop infestés.
- Pulvérisation d'huile de colza (produits commerciaux en maraîchage : Nativert®, Nativert Spray®, Naturen Eradigun®, Naturen Eradibug®).

Ennemis naturels [51, 58, 63]

Coccinellidae prédatrices :

Cheilomenes sexmaculata, *Illeis cincta*, *Stethorus cruralis**, *S. furschi**, *S. madecassus**, *S. minutissimus**, *S. proximus*, *Sticholotus ruficeps*.*

Acariens prédateurs :

*Amblyseius bibens**, *A. rotundus**, *A. vavilovae**, *A. masiaka**, *Typhlodromus pilosus*.

Agents entomopathogènes (d'origine fongique, bactérienne et virale) :

Beauveria bassiana.

9.2 Description des préparations à base de plantes insecticides

Dans ce chapitre nous décrivons les organismes ciblés par les extraits de plantes insecticides/fongicides et leurs « recettes » de préparation [3, 28, 31, 44, 74, 78, 86, 101, 112, 113, 115, 120, 131, 132, 133, 134, 140, 150, 161, 167, 168, 180, 181, 183, 189, 200, 206, 213, 214, 216, 217, 218, 229, 230, 235, 236].

9.2.1 Annone (*Annona reticula*) : feuilles et graines

Organismes nuisibles cibles : *Coccus viridis*, mouches des fruits en général, pucerons en général, chenilles défoliatrices en général, *H. armigera*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera* spp.

→ **extrait aqueux à base de feuilles :**

500 g de feuilles à faire bouillir (1/4h) dans 1 à 2 litres d'eau. Filtrer le liquide obtenu et le mélanger avec 10-15 litres d'eau. Le biopesticide est prêt à être utilisé sur la culture. Pour un hectare, 5 à 7,5 kg de feuilles fraîches sont nécessaires.

→ **extrait aqueux à base de feuilles d'annone + feuilles de neem + piment séché :**

Broyer 2 kg feuilles d'annone à ajouter dans 500 ml d'eau et remuer. Filtrer l'extrait obtenu.

Prendre 500 g de piments séchés et faites-les tremper dans l'eau pendant une nuit. Broyer et filtrer la solution le lendemain pour obtenir l'extrait.

Prendre 1 kg de fruits de neem écrasés et tremper dans 2 litres d'eau pendant une nuit. Filtrer ensuite l'extrait. Mélanger les 3 filtrats avec 50-60 litres d'eau. Filtrer à nouveau et pulvériser sur les cultures.

→ **extrait aqueux à base de graines :**

Écraser les graines d'annone et mélanger ensuite avec de l'eau à raison de 40 g de graines par litre d'eau.

Prendre 500 g de graines finement broyées. Tremper dans 20 litres d'eau pendant 1-2 jours. Après filtrage, il est prêt à être épandu avec une efficacité avérée sur *Plutella xylostella*, *Aphis fabae*, *A. gossypii*, *Lipaphis erysimi*, et *Myzus persicae*.

9.2.2 Neem (*Azadirachta indica*) : feuilles et graines

Organismes nuisibles cibles : *Agrotis* spp., *Bemisia tabaci*, *Busseola fusca*, *Chrysomphalus aonidum*, *Clavigralla tomentosicollis*, *Helicoverpa armigera*, *Liriomyza trifolii*, *Locusta migratoria*, *Parapoynx stagnalis*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera frugiperda*.

→ **extrait aqueux à base de graines (Afrique de l'Ouest) :**

L'azadirachtine pure est très peu soluble dans l'eau. Il faut rajouter aux extraits aqueux à base de graines pilées un solvant afin que l'azadirachtine se dissolve complètement dans l'eau.

Préparation pour un contrôle efficace de *H. armigera* : 50 g de graines de neem (ou 25 g d'amandes) sont nécessaires pour une utilisation dans 1 litre d'eau. Les grains de neem sont pilés doucement afin qu'aucune huile ne sorte. Le mélange est laissé au repos toute une nuit et filtré le lendemain. Puis il est mélangé à du savon liquide à raison de 1 ml de savon par litre d'extrait.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de neem (RCA) :**

Ingrédients : 1 kg de feuilles de neem bien vertes et 2 litres d'eau propre.

Piler les feuilles et les tremper dans l'eau pendant une nuit. Filtrer le mélange le jour suivant avec un chiffon fin. Effectuer le traitement tôt le matin ou le soir.

Pulvériser 2 ou 3 fois par semaine suivant les degrés d'attaques. En cas d'infestation importante, répéter le traitement tous les 4 à 5 jours. La dose préconisée est de 1 L de produit pour 10 litres d'eau.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de neem (Afrique de l'Ouest) :**

Les feuilles sont hachées finement et trempées toute une nuit dans l'eau (1 kg de feuilles fraîches pour 5 litres d'eau). Le lendemain, l'extrait est filtré et du savon liquide est ajouté à raison de 1 ml par litre en tant que mouillant. La quantité de feuilles nécessaire à la préparation de cet extrait étant assez élevée (près de 80 kg de feuilles pour 1 hectare), cette pratique est plus appropriée pour les pépinières et les jardins potagers. Ce type d'extrait est efficace contre les chenilles défoliatrices, les criquets et sauteriaux.

→ **extrait aqueux à base de graines de neem (Ghana) :**

Pilez 30 g de graines de neem (fruit dont on a retiré l'enveloppe) et mélangez-le à 1 litre d'eau. Laissez ce mélange se décanter pendant toute une nuit. Au matin du jour suivant, filtrez la solution obtenue à l'aide d'un tissu fin et appliquez-le immédiatement contre *Plutella xylostella*. Ne cherchez pas à diluer davantage cet extrait aqueux. Il a été expérimenté sur des parcelles de choux lors de formations paysannes et a eu un effet répulsif très efficace sur la teigne des Crucifères.

→ **extrait aqueux à base de graines neem (Cameroun) :**

Concasser 500 g de graines de neem dans un mortier. Puis verser les graines concassées dans 10 litres d'eau et remuer énergiquement. Laisser reposer le mélange pendant plusieurs heures (10 à 12 heures). Filtrer et essorer le mélange avec un linge fin. Appliquer le traitement sur la plante à l'aide d'un pulvérisateur. Cette préparation est efficace contre les mouches des fruits en général et le vers du cotonnier.

→ **extrait aqueux à base de graines neem + piment séché + huile koby (*Carapa procera*) (Mali) :**

Piler 3 kg de graines de neem dans un mortier. Verser les graines concassées dans un bidon de 20 litres. Ajouter une boîte de Nescafé de piment pillé et remplir le bidon d'eau propre. Laisser reposer le mélange pendant 3 jours.

Filtrer le mélange avant incorporation dans le réservoir du pulvérisateur à dos (16 litres) et ajouter 180 ml d'huile de koby avant de traiter.

Cette préparation est efficace contre les principaux ravageurs du cotonnier et de la pastèque (chenilles, pu-naises).

Lien préparation : <https://youtu.be/-Y8G2l0skWU>

→ **extrait aqueux à base de graines et feuilles de neem + piment séché + feuilles de papayer + son de riz + cendre de bois + argile (RCA) :**

Piler 3 kg de feuilles de neem, 1 kg de feuilles de papayer, 1 kg de graines de neem. Ajoutez 2 grosses cuillères à soupe de piment en poudre, 0,5 litre de son de riz ou de maïs, 50 g de savon en poudre. Mélanger le tout à 15 litres d'eau propre. Ajouter une poignée d'argile et de cendre dans la solution. Mettre le mélange dans un récipient couvrir (non hermétique) et remuer quotidiennement pendant une semaine. Filtrer la solution.

En préventif : pulvériser le mélange tous les 10 jours à raison de 1 litre pour 10 m².

En curatif : pulvériser le mélange tous les 5 jours à raison de 2 litres pour 10 m².

Cette préparation a été testée avec efficacité contre les pucerons, les cicadelles, les chenilles en général, les mouches mineuses et les criquets. Elle a également donné de bons résultats sur oïdium et rouille en cultures maraîchères et Légumineuses (arachide, haricot rouge et niébé).

9.2.3 Derris (*Derris elliptica*) : racines

Organismes nuisibles cibles : *Helicoverpa armigera*, pucerons en général, chenilles défoliatrices en général, *Coccus viridis*, *Plutella xylostella*, mouches des fruits en général, *Spodoptera litura*, *Trichoplusia ni*, *Aphis gossypii*, *Nezara viridula*, *Thrips tabaci* et *Pyricularia oryzae*.

→ préparations liquides :

Les racines fraîchement coupées de 2 à 6 cm de diamètre sont lavées et coupées en morceaux de 5 cm. Ils sont broyés avec du savon neutre et un peu d'eau. Le savon neutre facilite la solubilité de la roténone. Le liquide obtenu est filtré à travers un tissu fin. L'extrait résultant est ensuite dilué à la concentration recommandée et appliqué immédiatement.

Quantités recommandées et testées en Afrique de l'Ouest :

1 part de savon : 4 parts de racines : 225 parts d'eau.

Proportions utilisées pour la préparation de l'extrait :

100 litres d'eau : 500 g de savon neutre : 1 kg de derris.

Autre préparation à partir de racines séchées testée dans les îles du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Vanuatu, Samoa, Fidji) :

1 kg de racines séchées de derris finement broyé, mélangé à 100 litres d'eau et additionné à 500 g de savon neutre est efficace sur jeunes larves de *Plutella xylostella*.

Exemple de préparation testée aux Philippines sur la teigne du chou ayant donné de très bons résultats. Avec cette formulation, 26,7 kg de racines de derris par hectare ont été nécessaires. Les traitements ont été réalisés tous les 3 jours.

Prendre 30 g de racines de derris pour 1 litre d'eau (3%).

Ajouter 0,1 g de savon liquide par litre d'extrait.

→ préparations en poudre :

Lors d'essais en plein champ, des pulvérisations de poudre de derris contenant environ 5 % de roténone dilués avec du talc dans des proportions de 1:5, 1:10 et 1:20 ont été testés. Les trois préparations ont été testées sur une période de deux semaines. La dilution de 1:5 a enregistré le moins de dégâts.

Ces préparations ont été saupoudrées à raison de 30 kg/ha sur des plants de choux infestés par des larves de pyrale du chou (*Crociodolomia pavonana*) et fausse-arpenteuse du chou (*Trichoplusia ni*).

9.2.4 Piment (*Capsicum frutescens*) : fruit

Organismes nuisibles cibles : *Bemisia tabaci*, chenille en général, cochenilles (stades larvaires), fourmis, insectes défoliateurs (Coléoptères), *Plutella xylostella*, pucerons en général, *Spodoptera frugiperda*, limaces en général, Cucumber Mosaic Virus, Cucumber Ringspot Virus, Tobacco Etch Virus, Tobacco Mosaic Virus, Tobacco Ringspot Virus.

→ extrait aqueux (Papouasie-Nouvelle Guinée) :

Moudre une quantité quelconque de piments et on remplit le récipient d'eau jusqu'à recouvrir complètement la poudre. On y ajoute du savon râpé ou liquide. Le tout est mélangé soigneusement, filtré et pulvérisé sur les plantes attaquées pour produire un effet insectifuge.

→ **extrait aqueux I (Philippines) :**

Réduire dans un mortier 100 g de piment séché en poudre que l'on mélange à de l'eau en secouant vivement la mixture. Celle-ci est filtrée à travers une toile fine que l'on essore ensuite. On lui ajoute 5 fois son volume d'eau savonneuse avant pulvérisation. Cette préparation est efficace contre les pucerons et d'autres ravageurs des cultures maraîchères.

→ **extrait aqueux II (Philippines) :**

Faites bouillir environ 500 g de piments mûrs finement hachés dans 3 litres d'eau pendant 15 à 20 minutes. Ajoutez 30 g de savon en guise mouillant. Ajouter ensuite 3 autres litres d'eau, laisser refroidir et filtrer. Appliquez une fois par semaine s'il ne pleut pas, mais 2 à 3 fois par semaine s'il pleut. Cette préparation s'est avérée efficace contre les ravageurs des légumes.

→ **extrait alcoolique (Philippines) :**

Prendre 60 g de piments frais et 3 litres d'alcool de canne à sucre.

Hachez les piments, mélangez-les avec l'alcool et laissez reposer la solution pendant 24 jours avant de la filtrer. On utilise 100 ml des solutions obtenues par pulvérisateur à dos de 20 litres. Cette préparation a été testée efficacement pour lutter contre les pucerons et les cochenilles, les charançons des gousses de haricots et *P. xylostella*. Cette même solution est également efficace contre les chenilles défoliatrices, bien qu'elles aient mis jusqu'à trois jours pour mourir.

→ **extrait aqueux piment + chan + tabac (Honduras) :**

Faire cuire tous les ingrédients (12 piments, 0,5 kg de feuilles de Chan (*Hyptis suaveolens*), 1,0 kg de feuilles de tabac) dans de l'eau pendant une demi-heure, puis laissez refroidir la solution. Filtrez le mélange obtenu et remplissez un réservoir de pulvérisateur (16 litres). Cette solution a été appliquée contre *Spodoptera frugiperda* dans les zones où l'infestation était trop importante pour que les ennemis bénéfiques ou autres ennemis naturels puissent assurer un contrôle suffisant.

→ **extrait aqueux piment + ail + oignon (Nicaragua) :**

Tous les ingrédients (1 kg de piment, 3 têtes d'ail, 1 gros oignon ou 2 oignons moyens) sont finement hachés et laissés à tremper dans de l'eau pendant une nuit. La solution est ensuite tamisée et préparée pour un réservoir de pulvérisateur à dos de 18 litres.

Cette préparation s'est avérée efficace contre les aleurodes sur tomate, les foreuses des gousses et cicadelles sur haricot.

→ **extrait aqueux piment + ail + orange amer (Honduras) :**

Tous les ingrédients (120 g de piment, 1 à 3 têtes d'ail, du jus de 3 orange amers et un savon noir) sont hachés finement, sauf le savon, et laissés à tremper dans l'eau toute la nuit, ou plus longtemps si possible. La solution obtenue est filtrée puis diluée à 10 litres.

On utilise 2 litres de cet extrait brut par pulvérisateur à dos de 18 litres, en complétant le reste avec de l'eau et en ajoutant du savon avant de pulvériser.

Les ingrédients ci-dessus ont permis d'obtenir une solution suffisante pour 0,5 ha. La solution est pulvérisée tous les 4 à 5 jours, ou toutes les semaines, s'il y a peu de ravageurs. Il faut faire attention à la concentration car il peut y avoir des effets phytotoxiques sur les plantes.

Cette préparation a été efficace contre les mouches blanches, les cicadelles et les pucerons sur tomates. Elle a démontré une efficacité également sur *P. xylostella* sur chou.

→ **extrait aqueux piment + feuilles de neem (Honduras) :**

Ingrédients : 10 à 12 piments, 2 à 2,5 kg de feuilles de neem, 2 cuillères à soupe de savon.

Broyez les feuilles de neem et les piments, et laissez-les tremper dans l'eau toute la nuit. Filtrez la solution le lendemain et ajoutez-y jusqu'à 20 litres d'eau propre. Cette solution est pulvérisée environ une fois par semaine pour lutter contre l'aleurode, *Bemisia tabaci*.

Elle est également utilisée contre la CLA du maïs, *Spodoptera frugiperda* dans les zones où le nombre d'insectes utiles est trop faible pour maintenir les chenilles à un niveau acceptable.

→ **extrait aqueux piment + graines de neem (Honduras) :**

Ingrédients : 10 à 12 piments, 200 g de graines de neem. Préparez les graines de neem en enlevant la pulpe et en les laissant séchées au soleil pendant deux jours. Lorsqu'elles sont complètement sèches, broyez 200 g de graines et laissez-les tremper dans 4 litres d'eau pendant une nuit. Ajoutez-y ensuite les 12 piments broyés. Filtrez la solution pour qu'elle soit prête à l'emploi. La solution a été utilisée efficacement dans une région où les aleurodes étaient en particulier assez nombreux.

Fréquence des traitements : elle a été appliquée tous les 3 à 4 jours.

→ **extrait aqueux piment + papalo (Honduras) :**

Utilisé comme insectifuge, en particulier contre les pucerons mais aussi avec un succès considérable contre les chenilles en général, la teigne des crucifères, la CLA et les chrysomèles.

Ingrédients : 25 piments, 0,5 kg de feuilles de papalo (*Porophyllum ruderale*²³), 1 cuillère à soupe de savon.

Broyez les piments et les feuilles de papalo, et laissez-les tremper dans l'eau toute la nuit. Bien remuer le mélange. Le lendemain, filtrez-le et diluez-le dans 18 à 20 litres d'eau. La solution est appliquée tous les 6 jours environ, notamment sur les choux.

→ **extrait aqueux piment + sel (Honduras) :**

Broyez les ingrédients solides (50 piments, 120 g de sel), mélangez et laissez-les tremper dans l'eau pendant quelques heures avant de filtrer la solution et d'y ajouter 16 litres d'eau.

Cette solution a été utilisée avec efficacité par les petits producteurs de maïs contre *Spodoptera frugiperda*.

9.2.5 Gingembre (*Zingiber officinale*) : rhizome

Organismes nuisibles cibles : *Helicoverpa armigera*, pucerons en général, *Thrips tabaci*, *Bemisia tabaci*, nématodes en général, helminthosporiose du riz et *Colletotrichum gloeosporioides*.

→ **extrait aqueux (Inde) :**

Broyer 2 kg de rhizome jusqu'à obtention d'une pâte. Mélanger à 30 litres d'eau et filtrer. Ajouter 4 ml de savon liquide par litre de mélange comme émulsifiant. Environ 30 kg de gingembre sont nécessaires pour traiter un hectare de culture maraîchère avec cette préparation.

→ **émulsion à base de gingembre + ail + piment (Inde) :**

500 g d'ail écrasé sont plongés dans 100 ml de kérosène et conservés toute une nuit. Le lendemain, la peau extérieure est retirée et l'ail est transformé en pâte. Dans un autre récipient, 100 g de piment vert sont mélangés à 50 ml d'eau et transformés en une pâte. De même, 100 g de gingembre sont transformés également en pâte. Les 3 pâtes sont ensuite mélangées avec 25 à 30 litres d'eau et 30 g de savon liquide en tant qu'émulsifiant. Cette solution est agitée énergiquement et filtrée soigneusement avant pulvérisation. Pour un hectare, il faut 2,5 kg d'ail, 1,25 kg de gingembre et 1,25 kg de piment.

→ **émulsion à base de gingembre + ail + piment + urine de vache (Inde) :**

²³ Le papalo est une sorte de coriandre bolivienne originaire du Mexique où elle est utilisée en cuisine. Elle appartient à la famille des Astéracées. C'est une plante annuelle de 1,5 mètres qui porte des fleurs jaunâtres.

500 g d'ail, 250 g de piment et 250 g de gingembre sont prélevés et transformés en une pâte avec une quantité considérable d'eau. 500 ml d'huile de neem, 500 ml d'extrait de tabac et 100 ml d'extrait d'assa-foetida (*Ferula assa-foetida*) sont également utilisés. Tous les extraits ci-dessus sont dissous ensemble dans de l'urine de vache vieille de 72 heures (5-6 litres) puis dilués avec 50-60 litres d'eau. Avant pulvérisation, du savon liquide est ajouté à raison de 4 ml/litre comme émulsifiant.

9.2.6 Ail (*Allium sativum*) : bulbe

Organismes nuisibles cibles : *Helicoverpa armigera*, *Ophiomyia phaseoli*, pucerons en général, *Thaumatotibia leucotreta*, *Plutella xylostella*, mouches des fruits en général, *Spodoptera* spp., *Trichoplusia ni*, *Aphis gossypii*, *Nezara viridula*, *Thrips tabaci* et *Colletotrichum lindemuthianum*, *Pyricularia oryzae*, *Xanthomonas* spp., *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*, *Cochliobolus miyabeanus*, *Cladosporium cucumerinum*.

→ extrait aqueux (RCA, Niger) :

Des expérimentations, à base d'extraits aqueux de bulbe d'ail pour le contrôle de *Spodoptera litura* ont été testés en plein champs. Résultats : seulement 10 % des insectes ont pu émerger sous forme de papillon. La mortalité s'est produite lentement et n'avait atteint que 10 % après 3 jours. La phase de développement des pupes a été prolongée par rapport aux larves non traitées. Au cours de cette phase de développement, une mortalité considérable a été notée.

Pour préparer cette solution, mélanger 4 litres d'eau, 2,4 g de jus d'ail, 32 g de terre de diatomées, 5 ml d'alcool à brûler et bien agiter. Avant d'utiliser sur une grande surface, essayez sur une petite surface et notez les résultats avant d'appliquer sur toute la culture. En effet, selon les cultures, les risques de phytotoxicité peuvent survenir.

→ préparation émulsion n°1 (Inde) :

Prendre 50 ml d'huile d'ail et mélanger à du savon liquide dilué (1 ml/litre). Ajouter 350 ml d'eau au mélange ail + savon. Remuer vigoureusement jusqu'à ce que l'eau et l'huile soient mélangés. La préparation doit être pulvérisée immédiatement sinon les gouttelettes d'huile commenceront à flotter.

→ préparation émulsion n°2 (Mali) :

Broyer finement 3 bulbes d'ail et mélanger avec un peu de pétrole lampant et laissez reposer 2 jours. Ajouter ensuite 1 cuiller à soupe de savon en poudre et 10 litres d'eau. Remuer énergiquement et filtrer le tout. La préparation est prête à l'emploi. Selon INADES Formation, cette émulsion est efficace contre la plupart des chenilles défoliatrices, dont *H. armigera*. Cette solution peut être appliquée contre les vers-gris (*Agrius* spp., *Agrotis* spp.).

→ préparation émulsion n°3 (Niger) :

Ajouter 50 ml de pétrole lampant à 85 g d'ail haché finement, et laissez reposer 24 heures. Mixer ensuite avec 450 ml d'eau savonneuse (10 ml de savon liquide). Agiter le mélange et filtrer. Conserver dans un bidon à l'abri de la chaleur. Pour appliquer la préparation, diluer 1 part de cette émulsion avec 19 parts d'eau (exemple d'application : 50 ml d'émulsion à mélanger avec 950 ml d'eau). Toujours selon l'INADES, cette formulation nécessite une bonne agitation. L'utilisation d'un pulvérisateur à dos est conseillée.

→ préparation émulsion n°4 (RCA) :

Cet extrait contrôlera les principaux insectes ravageurs des légumes.

Solution 1 : écraser 500 g d'ail avec un peu de pétrole lampant et laissez reposer 1 nuit. Puis filtrer le tout le lendemain.

Solution 2 : écraser 50 g de piment vert et mélanger dans 1 litre d'eau.

A ces solutions sont ajoutés 100 ml de détergent liquide qui forme alors la solution mère. Pour une application sur le terrain, 50 ml de cette solution mère seront dilués dans 16 litres d'eau (réservoir du pulvérisateur). Les paysans centrafricains ont jugé cette préparation très efficace contre *Aphis gossypii* et *Helicoverpa armigera* sur niébé et pois d'Angole et *Spodoptera frugiperda* sur maïs.

Des précautions doivent cependant être prises lors du traitement car le piment peut irriter la peau et les yeux. Le port d'équipement de protection individuelle (EPI) est vivement conseillé.

→ **préparation émulsion n°5 (Afrique de l'Ouest) :**

Les agriculteurs jugent la pulvérisation suivante très efficace contre les pucerons, le ver de la capsule du coton et le foreur de gousses du pois d'Angole.

Broyer 500 g de gousses d'ail dans un peu de kérosène. Laisser macérer toute la nuit et filtrer soigneusement la solution le lendemain matin. Ensuite, écraser 50 g de piments verts dans 1 litre d'eau. À ces deux solutions, on ajoute 100 ml de savon liquide, ce qui constitue la solution mère. Pour l'application sur le terrain, 25 ml de cette solution mère seront dilués dans 16 litres d'eau (réservoir de pulvérisation). Il faut faire attention lors de la pulvérisation car le piment peut irriter la peau et les yeux.

→ **extrait aqueux ail + piment (Tanzanie) :**

La préparation suivante s'est montrée très efficace contre les chenilles des arbres fruitiers. Prendre 2 bulbes d'ail finement râpés et 4 cuillères à café de piment. Mélangez-les dans 4 litres d'eau. Ajoutez un morceau de savon noir de la taille d'une noix et pulvérisiez.

9.2.7 *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) : feuilles, écorce

Organismes nuisibles cibles : *Bemisia tabaci*, chenilles en général, pucerons en général, rats, vers blancs, *Spodoptera frugiperda*, termites.

→ **extrait aqueux :**

Cette solution est appliquée pour lutter contre les ravageurs du concombre et agit comme un engrais et un répulsif général. En outre, elle peut être utilisée comme fongicide pour certaines maladies de la tomate. Un répulsif contre *Bemisia tabaci* est préparé en broyant 0,5 kg de feuilles de *Gliricidia* et en les laissant tremper dans l'eau pendant au moins une journée avant de les filtrer et de les diluer dans 20 litres d'eau.

Un autre concentré de *Gliricidia* a été utilisé comme insecticide général et engrais foliaire dans les proportions suivantes : broyer des feuilles de *Gliricidia* et laisser tremper le mélange pendant trois jours avant de le filtrer. 1,7 litre de la solution est dilué dans 20 litres d'eau dans la culture des tomates. La fonction principale de cette solution est de lutter préventivement contre l'aleurode. Une fois que les aleurodes sont établis, la solution semble avoir un succès limité pour les éliminer.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de *Gliricidia* + neem :**

Cette solution a également très bien fonctionné contre les infestations de *Spodoptera frugiperda* et a donné quelques résultats sur les plants de maïs affectés par les vers blancs en l'appliquant au pied des plants à l'aide d'une buse largement ouverte. Elle a également été utilisée comme une combinaison d'engrais foliaire et d'insecticide contre la mouche blanche, *Bemisia tabaci* et les pucerons en général. Un agriculteur au Mali l'a également utilisée contre les termites, en pulvérisant au pied les plantes affectées.

Ingrédients pour traiter une surface de 0,14 ha de haricots : 1 kg de feuilles de *Gliricidia*, 1 kg de feuilles de neem, 5 litres d'eau.

Broyer les feuilles des deux plantes, mélanger-les dans l'eau et laisser reposer le mélange pendant 3 jours. Après filtration, ajouter 20 litres d'eau au mélange. Il est conseillé de pulvériser tous les 4-5 jours (plus s'il y a eu beaucoup de pluie) à partir de la floraison des haricots. Un agriculteur (Afrique de l'Ouest) a réussi à récolter ses haricots grâce à l'application de cette solution, après avoir perdu toute sa récolte à cause des attaques de Coléoptères l'année précédente, malgré l'application de divers pesticides de synthèse.

Un autre agriculteur (toujours en Afrique de l'Ouest) a mis des feuilles de neem et des feuilles de *Gliricidia* sur le sol entre les rangées de tomates tous les 10-12 jours. Cette pratique a, selon lui, repoussé les mouches blanches de sa parcelle.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de Gliricidia + piment :**

Cet extrait à base de Gliricidia et de piment a été utilisé pour combattre le charançon des haricots, *Apion godmani* et divers insectes nuisibles sur tomates.

Ingrédients : 2 kg de feuilles de Gliricidia, 12 piments verts. Broyez les feuilles de Gliricidia et les piments. Laissez-les tremper dans l'eau toute la nuit. Le lendemain, filtrer la solution et ajouter de l'eau pour obtenir 20 litres de solution. Cette solution peut être appliquée une ou parfois deux fois sur les haricots pendant la floraison. Elle est peut également être utilisée sur des semis de tomates.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de Gliricidia + piment + ail :**

L'extrait à base de feuilles de Gliricidia et de neem a été utilisé au Bénin pour repousser le charançon du haricot, *Apion godmani*. Cette même solution a également été essayée sur poivrons en Nouvelle-Calédonie pour lutter contre le charançon du poivron, *Anthonomus eugenii* avec un certain succès.

Broyez les ingrédients (2 têtes d'ail, 6 litres de feuilles de Gliricidia en volume, 12 piments forts) ensemble et laissez-les tremper dans l'eau toute la nuit. Filtrer le mélange le lendemain et compléter-le jusqu'à obtenir un volume de 20 litres (un réservoir de pulvérisation). Ce mélange est appliqué sur les haricots au moment de leur floraison à raison de 6 remplissages de cuve pour 0,33 ha pour repousser les charançons des gousses de haricots. Une seule application est généralement suffisante.

→ **extrait aqueux à base de feuilles de Gliricidia + piment + oignon :**

Utilisé comme insecticide général contre *Spodoptera* spp. et *Helicoverpa armigera*. Hacher 0,5 kg de feuilles de Gliricidia, 7 piments forts et 3 oignons. Mélanger soigneusement les trois ingrédients ensemble avant de les laisser tremper toute une nuit dans l'eau. Filtrer la macération et ajouter 20 litres d'eau pour obtenir la solution à pulvériser.

9.2.8 Gattilier en arbre (*Vitex negundo*) : feuilles

Organismes nuisibles cibles : *Callosobruchus* spp., *Plutella xylostella*, pyrale du riz en général, *Spodoptera* spp.

→ **décoction n°1 :**

Prenez 2 kg de feuilles de Vitex et faites-les tremper dans 5 litres d'eau pendant une nuit. Le lendemain, faites bouillir les feuilles pendant 30 minutes et filtrez l'extrait. Après avoir mélangé la décoction avec 10 litres d'eau, elle peut être pulvérisée. Du savon liquide peut être ajouté en tant que mouillant à raison de 1 ml/litre, juste avant la pulvérisation.

→ **décoction n°2 :**

Les feuilles fraîches sont lavées puis pilées, transformées en une sorte de pâte et trempées pendant une nuit dans 3 litres d'urine de vache propre et filtrée. Le lendemain matin, la solution est mixée puis portée pendant 3-4 heures à une température de 70-80 °C.

Lorsque la solution s'évapore trop, on ajoute un peu d'eau pour maintenir à peu près le même volume. Une fois la cuisson terminée, on laisse refroidir et reposer pendant une autre nuit, puis la décoction est filtrée soigneusement. Mélanger 150 g de poudre de savon à 250 ml d'eau et rajouter le mouillant à l'extrait. Pour l'application sur le terrain, 500 ml de ce concentré sont dilués dans dix litres d'eau.

→ **décoction gattilier + karanja + ricin + calotropis**

Prenez 7 kg de feuilles de gattilier, de karanja et de ricin et 4 kg de petites feuilles de calotropis. Réduire tous les ingrédients en poudre. Ajouter 20 litres d'eau au mélange de feuilles broyées et faites bouillir pendant une demi-heure la solution. Laissez reposer toute la nuit et filtrez l'extrait le jour suivant. Diluez le filtrat dans 100 litres d'eau et pulvérisiez.

9.2.9 Rose d'Inde (*Tagetes* spp.) : fleurs, feuilles et racines

Organismes nuisibles cibles : Acridiens en général, chenilles en général, cicadelles en général, *Plutella xylostella*, pucerons en général, nématodes en général et grillure de la tomate, *Pyricularia oryzae*.

→ extrait aqueux :

Cette solution est efficace contre les fourmis, les pucerons et les sauterelles.

Retirez les feuilles de la plante, pilez-les et faites-les tremper dans de l'eau chaude. Une partie de cet extrait de plante doit être mélangée à deux parties d'eau. Laissez reposer ce mélange pendant environ 24 heures. Ensuite, pulvériser là où c'est nécessaire.

→ extrait aqueux à base de rose d'Inde + piment (Honduras) :

Mélanger 500 g de feuilles de rose d'Inde avec une dizaine de piment frais. Broyer finement le mélange et ajouter 15 litres d'eau à la préparation. Laissez reposer la solution pendant 24 heures. Filtrer la décoction et rajouter une cuillère à soupe de savon noire à titre de mouillant avant d'effectuer le traitement.

9.2.10 Liane amère (*Tinospora crispa* ; *T. rumphii* ; *T. erecta* ; *T. patula*) : tiges âgées

Organismes nuisibles cibles : *Aphis fabae*, foreurs du riz en général, *Helicoverpa armigera*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera litura*, thrips du riz en général.

Les connaissances sur l'utilisation du *Tinospora crispa* sont basées sur les pratiques traditionnelles des Philippines et se concentrent principalement sur le riz. L'expérimentation scientifique a prouvé l'action systémique du principe insecticide.

→ traitement de semences (poudrage) :

Dans le nord de la Thaïlande, cette méthode est utilisée contre le thrips du riz. L'épandage de liane pilée à raison de 0,25 kg/m² sur les lits de semences de riz jusqu'à deux jours après le semis a été aussi toxique que l'épandage de carbofuran contre les thrips du riz. La toxicité a été observée à partir de 5 à 7 jours après l'application.

→ extrait aqueux :

Avant le repiquage, les plantules de riz sont trempées pendant 24 h dans un extrait aqueux de *Tinospora* pilé, préparé à raison de 2 kg de vigne pour 10 litres d'eau. Il faut environ 15 à 18 kg de liane broyée pour protéger 1 ha de riz.

Cette méthode est considérée efficace contre la cicadelle verte, la cicadelle brune et les foreurs du riz. Elle a été jugée comme aussi efficace qu'un traitement à base de carbofuran.

Des études menées à l'University of the Philippines Los Baños (UPLB) indiquent que la combinaison : trempage des racines du riz + application dans le lit de semis avec du *Tinospora* hachée est aussi efficace pour contrôler la cicadelle verte et les foreurs du riz qu'un traitement des semis au carbofuran suivi d'une pulvérisation d'insecticide foliaire, 25 jours après le repiquage.

9.2.11 Tabac (*Nicotiana tabacum*, *N. rustica*, *N. glutinosa*) : feuilles

Organismes nuisibles cibles : Pucerons en général, mineuses des feuilles, *Thrips* spp., altises, chenilles défoliatrices, *Spodoptera frugiperda*, *Tetranychus* spp., foreurs des tiges des céréales, *Bemisia tabaci*, rouille du haricot, Leaf Curl Virus.

→ extrait aqueux (Afrique de l'Ouest) :

Faire tremper 1 kg de tiges et feuilles dans 15 litres d'eau pendant une journée. Filtrer la solution obtenue et rajouter une poignée de savon en poudre avant la pulvérisation au champ. Le traitement doit se faire avec un pulvérisateur à dos dont la buse sera la plus fine possible. La nicotine se dégradant très rapidement, la solution doit être utilisée le même jour.

→ **décoction de tabac (Kenya) :**

Mélanger 250 g de tabac, 30 g de savon de Marseille, 4 litres d'eau. Faire bouillir la solution pendant une ½ h. Puis diluer le mélange avec 4 fois son volume d'eau. L'efficacité du mélange peut être augmentée en rajoutant une à deux cuillères à soupe de chaux éteinte. Cette préparation est efficace contre les chenilles, les foreurs, les mineuses, les pucerons et les thrips. Apportée au sol, elle peut servir à combattre les insectes terricoles tels que les vers gris.

→ **extrait aqueux de tabac + cendre de bois (Kenya) :**

Mélanger un récipient adapté, 500 g de cendre de bois à 2 litres d'eau et ajouter 4 cuillères à soupe de poudre de tabac. Couvrez le récipient et laissez macérer pendant une journée.

Filtrez la décoction le lendemain. La préparation est prête à l'emploi en mesurant 29 g de solution préalablement agitée à diluant dans 20 litres d'eau. Verser la solution diluée dans un pulvérisateur et traiter lorsque les plants de maïs ont une hauteur d'environ 60 cm de haut.

Pulvériser tôt dans la journée en période de pluie. Le mélange a un effet ovicide sur *S. frugiperda* mais n'a pas d'action sur les larves.

→ **décoction de tabac (Cameroun) :**

Mélanger 250 g de tabac séché à ½ litre d'eau et recouvrir le récipient avec un drap. Laisser macérer le mélange pendant 24 heures. Filtrer la solution obtenue puis diluer la dans 2,5 litres d'eau propre. Plus le temps de macération dans l'eau est long, plus l'extrait de tabac produit sera puissant.

Lors de l'application, diluer 1 litre du produit dans 10 litres d'eau. Bien remuer pour obtenir un mélange homogène avant le traitement.

Appliquer 2 fois par semaine en saison des pluies et 1 fois par semaine en saison sèche. Pulvériser de préférence tôt le matin ou en fin d'après-midi. Éviter d'inhaler le produit, car il est toxique.

→ **extrait aqueux de tabac (RCA) :**

Mélanger 200 g de feuilles de tabac séchées finement hachées à 8 litres d'eau propre et ajouter 20 g de savon en poudre. Faire bouillir 8 litres d'eau propre pendant 10 à 15 minutes. Tremper la poudre du tabac et le savon broyé ou râpé dans les 8 litres d'eau tiède. Laisser reposer la solution pendant 1 jour. Filtrer la solution pour enlever les morceaux de tabac résiduels.

Avant l'application, diluer 1 litre de produit dans 10 litres d'eau. Bien remuer pour obtenir un mélange homogène avant le traitement.

L'emploi de ces extraits à base de tabac ont permis de lutter efficacement contre les mouches blanches, les pucerons, les sauterelles, les thrips, les acariens, les petites chenilles noires, les mineuses et les criquets sur cultures maraîchères.

9.2.12 Papayer (*Carica papaya*) : feuilles

Organismes nuisibles cibles : *Bactrocera* spp., *Dacus* spp., *Thrips flavus*, oïdium et rouille en général.

→ **extrait aqueux (RCI) :**

Hacher et broyer finement 12 à 15 feuilles de papayer. Mélanger 1 litre d'eau à la purée obtenue. Presser le mélange dans un tissu propre pour le filtrer et diluer le avec 4 fois son volume d'eau savonneuse (1 litre de solution pour 4 litres d'eau). La solution d'eau savonneuse s'obtient en dissolvant 100 g de savon râpé dans 25 litres d'eau. Cette préparation a été testée efficacement contre les principales maladies fongiques sur cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest. La fréquence d'application pour une efficacité maximum est d'un passage par semaine en cas de fortes infestations, sinon une application tous les 10 à 15 jours est recommandée.

→ **préparation émulsion (Cameroun) :**

Cueillir les feuilles fraîches de papayer jusqu'à remplir un seau de 10 litres. Les découper en lamelle et les froter en les tordant. Les plonger ensuite dans 10 litres d'eau dans laquelle on aura au préalable versé deux cuillerées de pétrole lampant. Laisser reposer la composition pendant une nuit. Puis, filtrer la composition à

l'aide d'un tissu. Ajouter 2 cuillères à soupe de savon liquide avant de pulvériser les plantes attaquées par les mouches des fruits.

→ **extrait aqueux (Afrique de l'Ouest) :**

Hacher soigneusement 1 kg de feuilles de papayer et ajouter 1 litre d'eau. Laisser reposer le mélange pendant environ 6 heures, puis le filtrer et y ajouter environ 30 g de savon. Ce liquide est ensuite dilué à raison de 1 litre de solution pour 4 litres d'eau.

Il est suggéré de l'appliquer tôt le matin ou en fin d'après-midi tous les 3 jours.

Des agriculteurs zambiens ont utilisé cet extrait avec succès contre la rouille du café.

Au Nigeria, l'IITA expérimente actuellement des extraits aqueux de papaye contre les thrips inféodés aux fleurs de haricots en utilisant le même mode préparatoire que celle décrite plus haut. Appliquée à l'aide d'un pulvérisateur à très faible volume, seuls 15 kg de feuilles fraîches sont nécessaires pour un hectare.

→ **extrait aqueux (Amérique du Sud) :**

En Honduras, les agriculteurs utilisent l'extrait suivant contre les chenilles arpenteuses (maraîchage) et les vers blancs (diverses cultures vivrières).

On mélange 1 kg de feuilles de papaye pilées à 10 litres d'eau et on laisse tremper pendant 2 jours. La solution est ensuite filtrée et prête à être appliquée.

→ **Extrait aqueux (Philippines) :**

Prendre 1 kg de feuilles finement broyées et mélangez-le vigoureusement dans 1 litre d'eau, puis pressé-le à travers un tissu fin pour filtrer la solution. Un litre de ce liquide est dilué dans 4 litres de solution savonneuse (obtenue en dissolvant 100 g de paillettes de savon dans 25 litres d'eau). La solution est directement prête pour une pulvérisation contre les principaux ravageurs des cultures maraîchères (tomate, aubergine, pomme de terre, oignon, chou, ... en évitant toutefois les légumes aux feuilles trop tendres, tels que laitue, brède).

→ **extrait aqueux fermenté (Nouvelle-Calédonie) :**

En fonction de la partie de la plante que vous avez choisi, vous aller hacher les feuilles de papaye en morceaux ou écorcer et battre la tige pour briser les fibres ou encore passer au broyeur manuel ou au pilon les fruits préalablement coupés en morceau. Il est conseillé de porter des gants car la sève de la tige et surtout celle du fruit ont un effet irritant pour la peau.

Peser 1 kg de végétal (feuilles, écorce/tige ou fruits) pour 10 litres d'eau. Laisser fermenter la solution entre 3 et 15 jours (fonction de la température). Le mélange est prêt à l'utilisation lorsqu'il y a de la mousse en surface. Il est préférable d'utiliser un récipient en plastique pour contenir les extraits fermentés. Le mélange doit être remué tous les jours pour que la fermentation soit homogène. Si votre préparation est nauséabonde, c'est que votre mélange est entré en putréfaction. Il n'est plus efficace comme biopesticide mais peut être utilisé comme fertilisant.

Quantité : 10 litres de purin est nécessaire pour une parcelle d'environ 20 m². La fréquence des traitements est de 2 applications/semaine.

Filtrer votre mélange à l'aide d'un tissu propre ou d'un tamis fin. Placer le mélange filtré soit dans votre pulvérisateur pour un traitement direct, soit dans un récipient en plastique fermé pour le stocker. En effet, le mélange peut se stocker pendant 6 mois dans un endroit sombre et frais sans s'altérer. Toutefois, veiller à ce qu'il ne reste pas de particules végétales dans votre filtrat, car fermentation des particules végétales se poursuivrait et votre bidon de stockage peut exploser.

On conseille de traiter tôt le matin contre les insectes diurnes (puceron, thrips, ...) et en début de soirée pour les insectes nocturnes (*Helicoverpa armigera*, *Spodoptera* spp., vers gris, ...).

9.2.13 Tomate (*Solanum lycopersicum*) : feuilles et gourmands

Organismes nuisibles cibles : Altise, *Helicoverpa armigera*, mouche de la carotte, *Plutella xylostella*, pucerons en général.

→ extrait fermenté (purin) :

Prendre 1 kg de feuilles ou de gourmands de tomates et 10 litres d'eau. Hacher finement les feuilles et les gourmands. Verser dans un récipient en bois ou en plastique (pas de métal). Ajouter 10 litres d'eau et mélanger la solution chaque jour pendant environ 4 jours (repérez-vous aux bulles provoquées par la fermentation ; dès qu'elles disparaissent, le purin est prêt !).

Filtrer et conserver le liquide dans des récipients opaques car le purin de tomate n'est pas stable à la lumière. Utiliser la solution avec le pulvérisateur sans la diluer. Recommencer l'opération 2 à 3 fois à quelques jours d'intervalles.

→ extrait aqueux (Mali) :

Hacher finement 5 kg de feuilles et tiges de tomate. Incorporer le broyat dans de l'eau bouillante jusqu'à ce que le liquide recouvre complètement le broyat. Laisser reposer 5 à 6 heures. La mixture est passée à la passoire et pulvérisée sur les choux. Cette solution a été testée efficacement contre les pucerons, la piéride du chou et la teigne des Crucifères.

Elle est recommandée comme répulsif pendant la période de vols des papillons qu'elle gêne dans leur ponte.

9.2.14 Manipueira (*Manihot esculenta*) : tubercules

Organismes nuisibles cibles : nématodes en général, *Meloidogyne* sp., *Coccus hesperidum*, *Pinnaaspis aspidistrae*, *Toxoptera citricida*.

La *manipueira* est sous-produit liquide dérivé de la production de farine de manioc au Brésil. Il fait l'objet de recherches pour ses potentialités insecticides à l'Université fédérale du Ceará (Brésil). En premier lieu, il a été testé contre les nématodes, notamment du genre *Meloidogyne*. Son effet s'est avéré supérieur à celui de tous les nématicides commerciaux.

→ extrait aqueux (Brésil) :

L'extrait aqueux a été testé comme insecticide, dilué à 50 % avec de l'eau. Une pulvérisation a suffi à éliminer, presque totalement, une population de cochenilles, *Coccus hesperidum* des rameaux de citronniers. D'autres essais tout aussi concluants ont été réalisés plus récemment sur le puceron noir des agrumes, *Toxoptera citricida* et la cochenille *Pinnaaspis aspidistrae* à différentes concentrations (pure, à 25% et 50%) avec une même efficacité insecticide que du parathion éthyl. En laboratoire, des extraits lyophilisés de *manipueira* ont été obtenus en cinq concentrations (10 mg/ml, 20 mg/ml, 30 mg/ml, 40 mg/ml et 50 mg/ml). Toutes les concentrations analysées (10 à 50 mg/ml) ont causé une mortalité sur *T. citricida* supérieure à 50 %, et la concentration plus élevée de 50 mg/ml a causé la mortalité de tous les insectes (n = 100 %) dans les processus d'application par contact.

9.2.15 Citronnelle (*Cymbopogon citratus*) : feuilles

Organismes nuisibles cibles : maladie bactérienne en général.

→ extrait aqueux (Cameroun) :

Broyer finement 50 g de feuille de citronnelle et mélanger le broyat à 2 litres d'eau chaude. Laisser macérer pendant une vingtaine de minutes, filtrer la décoction et rajouter de l'eau savonneuse à raison de 3 litres pour 10 m² de surface à traiter.

9.2.16 Cendre de bois

→ extrait aqueux I (RCA) :

Ingrédients : 50 g (une boîte de tomate concentrée) de cendre d'inflorescence du palmier à huile ou cendre des autres arbres comme manguiers, eucalyptus, cyprès et 10 litres d'eau propre.

Préparation : brûler le bois pour obtenir la cendre à utiliser sur un terrain propre. Faire refroidir la cendre sur une claie en terre battue ou sur une bâche durant un à deux jours suivant la quantité prévue. Verser 50 g de cendre dans dix litres d'eau propre et remuer le mélange pour avoir une solution homogène.

Application : La concentration en cendre peut être augmentée pour avoir une préparation plus ou moins puissante. Éviter d'utiliser la cendre de coques de noix de coco car elle peut causer de brûlures des cultures.

→ extrait aqueux II (RCA) :

Prendre une cuillerée à soupe de cendre à mélanger à 1 litre d'eau. Le mélange est laissé à reposer pendant la nuit et filtré le lendemain à l'aide d'un tissu fin. On ajoute au liquide obtenu le contenu d'une tasse de lait fermenté par litre. Diluer le tout dans 3 fois son volume d'eau.

Cette préparation s'est montrée efficace contre les pucerons, les aleurodes, chenilles défoliatrices et thrips sur tomates, poivrons et Cucurbitacées.

Il est toujours conseillé de vérifier l'efficacité ou la phytotoxicité du mélange sur quelques plantes témoins avant de traiter l'ensemble de vos plants attaqués.

9.3 Description des préparations à base de produits animaux

9.3.1 Urine de vache

Organismes nuisibles cibles : cochenilles en générale, *Helicoverpa armigera*, pucerons en général, thrips, acariens des cultures maraîchères et Leaf Curl Virus.

→ utilisations pratiques :

Pour utiliser l'urine de vache, il faut pouvoir tout d'abord le recueillir. Au Sri Lanka, les animaux sont parqués la nuit sur une dalle de ciment inclinée et reliée à une fosse à purin où est stockée l'urine. L'urine collectée, repose pendant 2 semaines. Elle peut être utilisée après dilution (1 part d'urine pour 6 parts d'eau). Les légumes à feuilles tendres nécessitent plus d'eau qu'une céréale ou un arbre fruitier adulte. Une concentration trop élevée peut provoquer des brûlures sur feuilles.

Des essais ont montré une efficacité de 60 % contre les pucerons sur tomates et de 10 % contre *Helicoverpa armigera* sur tomate avec une dilution de rapport 1 litre d'urine pour 2 litres d'eau.

Non diluée, on a pu observer 95 % de pucerons morts, 67 % de chenilles mortes et 83 % d'acariens morts. Toutefois, l'auteur précise que l'urine pure a provoqué de légers dommages de brûlure. Il est toutefois possible d'ajouter des extraits végétaux à l'urine, tels que le neem, le curcuma et le tabac. En cas d'incertitude sur la concentration appropriée, il est conseillé de tester différents rapports de dilution sur quelques plantes-témoins. Une bonne concentration peut aussi se reconnaître à l'odeur, qui doit être douce.

9.3.2 Bouses de vache

Organismes nuisibles cibles : aleurodes, pucerons en général, punaises.

→ purin de bouses de vache (Togo) :

Mélangées avec des plantes, les préparations à base de bouse peuvent être utilisées comme biostimulants ou engrais foliaires ou encore comme répulsifs de nombreux insectes en maraîchage.

→ **décoction de bouses de vache (Bénin) :**

Deux à trois bouses séchées de vache sont déposées dans un récipient dans lequel on verse 10 litres d'eau. Le mélange doit être remué quotidiennement pendant deux semaines. Si l'odeur devient trop forte, on peut y ajouter la poudre de roche ou de la terre argileuse. Ces produits captent les odeurs et apportent les éléments minéraux.

Après la période de fermentation de deux semaines, la bouillie doit être diluée avec 3 à 5 fois son volume d'eau après quoi elle est prête à l'usage. La préparation est appliquée sur toutes les parties vertes de la plante. On attribue à ce produit de traitement d'excellentes propriétés fortifiantes de la plante. Il peut aussi être utilisé comme fertilisant de qualité.

9.3.3 Bouse + urine de bovin

Cette décoction a un pouvoir insectifuge sur les femelles de papillon de deux espèces de ravageur (*Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura*) sur Légumineuses, notamment le niébé en Afrique de l'Ouest. Elle protège par ailleurs les cultures de haricot contre certaines maladies.

Préparation :

1. Diluez de la bouse de bovin (5 kg) dans de l'eau (5 litres) et ajoutez de l'urine de vache (5 litres).
2. Faire fermenter la solution obtenue pendant 4 jours dans un récipient fermé, à l'ombre, puis ajouter de la chaux (100 g) pour neutraliser les phénols et acides toxiques libérés.
3. Diluer la solution obtenue dans 80 litres d'eau. Cette quantité est suffisante pour pulvériser une acre de haricots.

En absence de la présence sur pied de certaines cultures, un ensemble de clichés ont été utilisés dans les discussions avec les producteurs pour l'identification des principaux ravageurs.

Chenille legionnaire d'automne du maïs

Atody sababaka

Olitra sababaka vao foy

Lolo Sababaka

Soherina

Olitra L6

FOSITRA MAVOKELY (Borer rose)

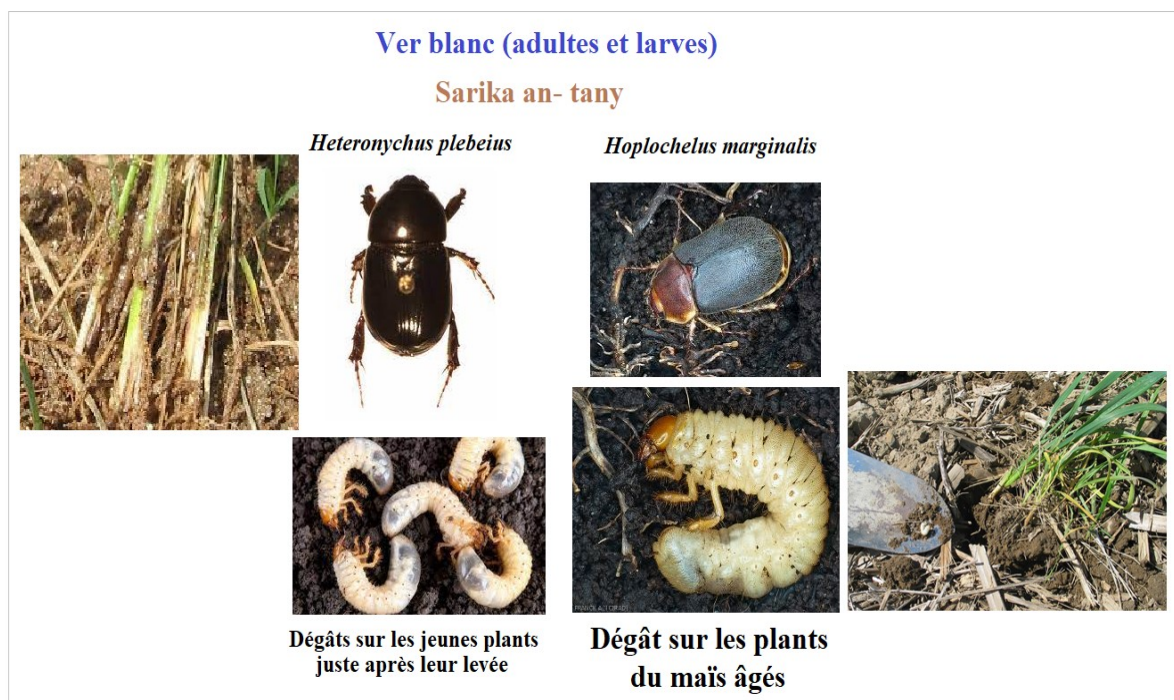
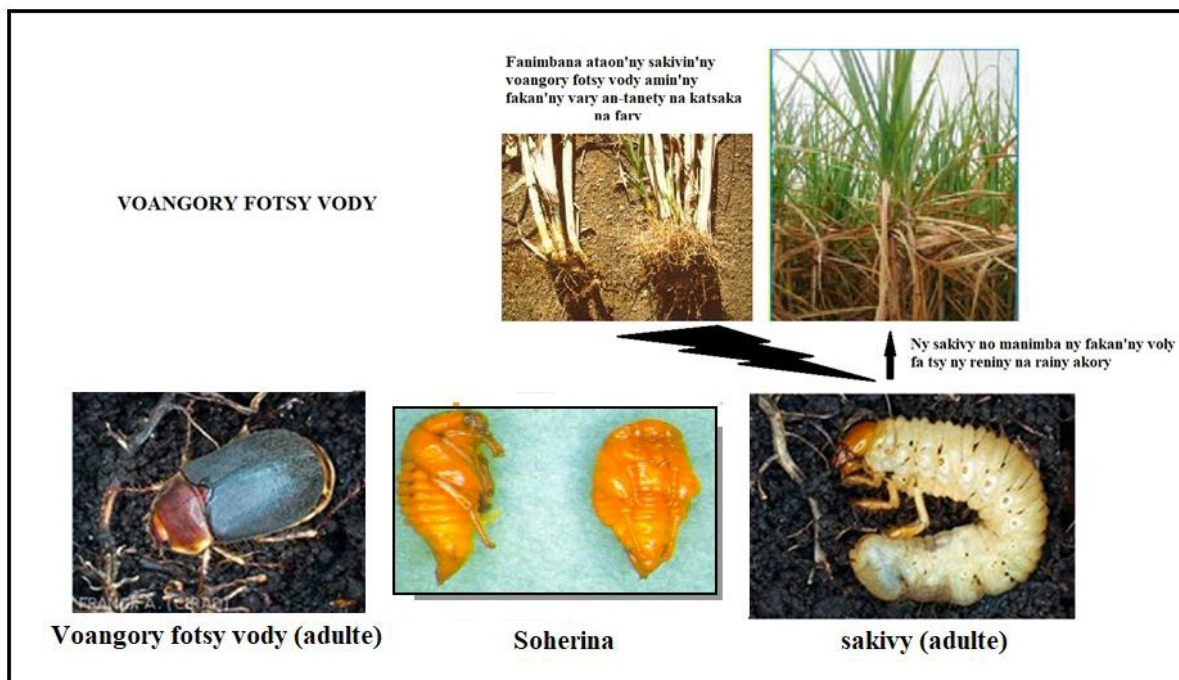
A **ATODY**

B **OLITRA**

C **SOHERINA**

D **LOLO**

146





Sababaka - Foreur du riz



Aleurode adulte

Nezara viridula



Atody



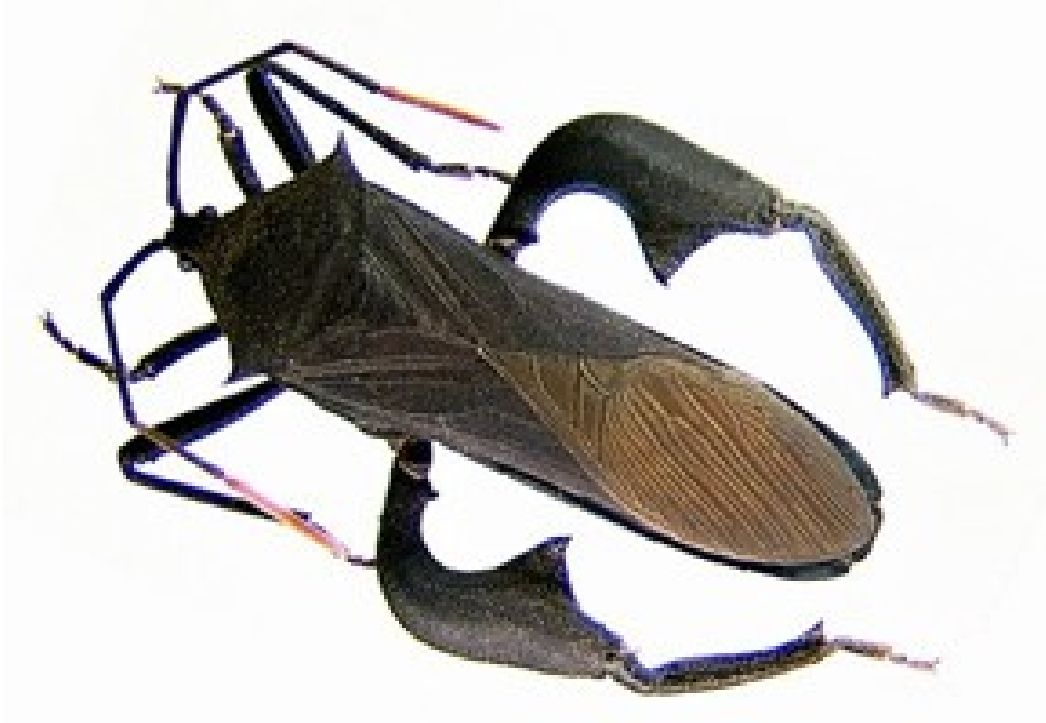
Olitra



Reniny

Punaise verte

HANOHANO



Mamono ireo bibikely manodidina azy, rehefa tsy misy intsony ireo dia manimba ny voly koa izy

TRAKITERA

Dysderacus fasciatus



Larves
Zanany



Adultes (accouplement)
Lahy sy vavy

Punaïses

Sababaka

Foreur des gousses



©CSAN Niger



André BON - Mars 2012



Kimavo - Pucerons

Pucerons

Kimavo - Tamenaka



IREO FAHAVALON'NY VOLY VOATABIA (Legioma 1)

Tuta absoluta





Olitra kely - Mouche mineuse



Hanohano - Punaise sur courgette/concombre



Sababaka - Vers gris



Mouches des fruits (Lali-boankazo)



Mouches des fruits (Lali-boankazo)



Lolo Sababaka – Olitra L5/ Noctuelle de la tomate



Aleurode sur manioc et cultures maraîchères



LALI-BOANKAZO

Ceratitidis capitata



Mouches des fruits sur agrumes et mangue



Cochenilles sur mangue

9.5 Liste des organismes nuisibles des cultures vivrières, maraîchères et fruitières présents sur le territoire national

❖ Organismes nuisibles répertoriés à Madagascar selon les bases de données :

- EPPO (https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_databases/global_database)
- CABI (<https://www.cabi.org/cpc>).