ITINÉRAIRE TECHNIQUE INTÉGRÉ SUR SOLANACÉES

Projet RITA 2, porté par Agronomie Services.

-

VOLET ENTOMOLOGIQUE

INSECTES NUISIBLES AUX SOLANACEAE CULTIVÉES,
AUXILIAIRES, ET CONSEILS DE GESTION

Étude réalisée par la Coopérative Bio Savane
Charlotte GOURMEL
Janvier 2019

SOMMAIRE

I. DISPOSITIF ET PROTOCOLE DE SUIVI..... p. 5
I. 1. SITE ET AMÉNAGEMENTS..... p. 5
I. 2. CULTURES ET ESSAIS..... p. 6
I. 2. 1. Modalités de culture..... p. 6
I. 2. 2. Plantes cultivées..... p. 6
I. 2. 3. Essais techniques et variétaux sur tomate..... p. 7
I. 3. MÉTHODE DE SUIVI DES INSECTES..... p. 7
I. 3. 1. Échantillonnage des plants..... p. 7
I. 3. 2. Observation et quantification des insectes..... p. 8
I. 3. 3. Élevages..... p. 9

II. RÉSULTATS..... p. 10
II. 1. CALENDRIER DES PLANTATIONS ET CARACTÉRISTIQUES DU SUIVI DES INSECTES..... p. 10
II. 1. 1. Calendrier des observations sur les différentes cultures..... p. 10
II. 1. 2. Nombre de plants observés..... p. 11
II. 1. 3. Traitements insecticides..... p. 11
II. 2. PRINCIPAUX INSECTES NUISIBLES PRÉSENTS SUR TOMATE ET POIVRON..... p. 12
II. 2. 1. Mouches mineuses..... p. 12
II. 2. 2. Aleurodes..... p. 16
II. 2. 2. a) *Aleurotrachelus trachoides*..... p. 16
II. 2. 2. b) *Bemisia tabaci*..... p. 17
II. 2. 3. Pucerons..... p. 23
II. 2. 4. Cochenilles..... p. 27
II. 2. 5. Chenilles..... p. 30
II. 2. 6. Punaises..... p. 36
II. 2. 7. Acariens..... p. 38
II. 3. INSECTES AUXILIAIRES PRÉSENTS SUR LA PARCELLE..... p. 39

III. COMPARAISON ENTRE PLANTS DE TOMATE GREFFÉS ET NON-GREFFÉS..... p. 44

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS..... p. 45
IV. 1. VISITE D'EXPERT ET CONSEILS PROPHYLACTIQUES..... p. 45
IV. 2. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES SUR LA PARCELLE SUIVIE..... p. 49
IV. 2. 1. La succession culturale Solanaceae - Solanaceae et la proximité entre les serres..... p. 49
IV. 2. 2. La succession culturale Solanaceae - Cucurbitaceae..... p. 50
IV. 2. 3. Les insectes nuisibles présents sous la pépinière..... p. 51
IV. 3. RECOMMANDATIONS FINALES..... p.53

REMERCIEMENTS..... p. 54

BIBLIOGRAPHIE..... p. 55

LISTE DES FIGURES, TABLEAUX ET PHOTOS

Figure 1 : Schéma de l'emplacement des serres…… p. 5
Figure 2 : Plan d'échantillonnage des serres. …… p. 8
Figure 3 : Nombre de mines de mouches Agromyzidae observées sur 20 plants de tomate…… p. 13
Figure 4 : Nombre de plants de tomate hébergeant des larves de mouches Agromyzidae…… p. 14
Figure 5 : Nombre d'aleurodes adultes observés sur 20 plants de tomate…… p. 18
Figure 6 : Nombre de plants de tomate hébergeant des aleurodes adultes…… p. 19
Figure 7 : Calendrier des plantations de tomate et du développement de la population d'aleurodes…… p. 20
Figure 8 : Calendrier des plantations et des observations de pucerons…… p. 24
Figure 9 : Nombre de plants de tomate hébergeant des cochenilles Pseudococcidae…… p. 28
Figure 10 : Présence de chenilles sur les cultures de tomates…… p. 33
Figure 11 : Présence de punaises *Phthia picta* sur les cultures de tomate…… p. 37
Figure 12 : Nombre de plants de poivrons atteints d'acariose déformante…… p. 38

Tableau 1 : Caractéristiques générales des trois modalités de culture…… p. 6
Tableau 2 : Cultures présentes pendant le suivi des insectes…… p. 10
Tableau 3 : Répartition des observations réalisées sur tomate…… p. 11
Tableau 4 : Traitements insecticides réalisés sur tomate pendant la période de suivi…… p. 11
Tableau 5 : Présence d'*Aleurotrachelus trachoides* sous les différentes serres…… p. 16
Tableau 6 : Élevages de larves de *Bemisia tabaci* réalisés et parasitoïdes obtenus…… p. 22
Tableau 7 : Proportion d'individus identifiés à l'espèce pour chaque genre de lépidoptères observé sur tomate…… p. 32
Tableau 8 : Élevages de chrysalides de *Chrysodeixis includens* réalisés et parasitoïdes obtenus…… p. 35
Tableau 9 : Récapitulatif des auxiliaires associés aux insectes nuisibles observés sur les Solanaceae…… p. 39
Tableau 10 : Guêpes parasitoïdes rencontrées sur la parcelle…… p. 39
Tableau 11 : Prédateurs généralistes rencontrés sur la parcelle…… p. 40
Tableau 12 : Insectes pollinisateurs rencontrés sur la parcelle…… p. 42
Tableau 13 : Nombre de plants de tomate affectés par les différents insectes nuisibles…… p. 44
Tableau 14 : Chronologie de l'infestation de deux serres de tomates adjacentes par les aleurodes…… p. 49

Photo 1 : Larve, pupes et adulte de mouches mineuses sur feuilles de tomate…… p. 12
Photo 2 : *Liriomyza sativae* (Diptera, Agromyzidae) …… p. 12
Photo 3 : Oeufs et jeunes larves d'*Aleurotrachelus trachoides*, larves plus âgées, et puparia…… p. 16
Photo 4 : Larve de *Bemisia tabaci* près d'une colonie d'*Aleurotrachelus trachoides* sur poivron…… p. 16
Photo 5 : Aleurodes *Bemisia tabaci* adultes…… p. 17
Photo 6 : Larves de *Bemisia tabaci*…… p. 17
Photo 7 : Quantités d'aleurodes *Bemisia tabaci* adultes et de larves caractérisant l'infestation…… p. 21
Photo 8 : *Cleome* sp. infestée de *Bemisia tabaci*…… p. 21
Photo 9 : *Eretmocerus mundus* émergés de larves de *Bemisia tabaci*…… p. 22
Photo 10 : *Aphis gossypii* aptères, individu ailé et colonies accompagnées de fourmis. …… p. 23
Photo 11 : Colonies d'*Aphis gossypii* sur porte-greffe de tomate, sur fleur de *Solanum stramonifolium* et sur *Spermacoce* sp…… p. 23
Photo 12 : Mouche dolichopodide dans une colonie d'*Aphis gossypii*…… p. 25
Photo 13 : Syrphe *Ocyptamus dimidiatus* femelle s'apprêtant à pondre dans une colonie d'*Aphis gossypii*…… p. 26
Photo 14 : Oeuf de syrphe dans une colonie d'*Aphis gossypii* sur *Spermacoce* sp. …… p. 26
Photo 15 : Larves de coccinelles Scymninae consommant des pucerons *Aphis gossypii* sur poivron et sur *Sida* sp…… p. 26

Photo 16 : Diaspididae indéterminées sur tomate…… p. 27
Photo 17 : *Phenacoccus parvus*, Pseudococcidae sp1 et *Pseudococcus jackbeardsleyi*…… p. 27
Photo 18 : Tige d'un plant de tomate infesté de cochenilles Pseudococcidae sp1…… p. 29
Photo 19 : *Manduca sexta* aux stades œuf, jeune chenille et chenille mature…… p. 30
Photo 20 : *Spodoptera dolichos* adulte et larve…… p. 31
Photo 21 : *Spodoptera cosmioides* femelle et mâle…… p. 31
Photo 22 : Deux types de larves de *Spodoptera cosmioides*…… p. 31
Photo 23 : Chenille de *Spodoptera* sp. dans un fruit vert…… p. 31
Photo 24 : Larve, nymphe et adulte de la noctuelle *Chrysodeixis includens*…… p. 32
Photo 25 : Chenille de *Chysodeixis includens* tuée par un traitement insecticide…… p. 34
Photo 26 : Chalcididae parasitoïdes de *Chysodeixis includens* et chrysalide avec trou de sortie de la guêpe…… p. 35
Photo 27 : Chalcididae mort sur un plant de tomate…… p. 35
Photo 28 : Punaises *Phthia picta* à trois stades de développement (larve jeune, larve âgée, adulte) sur tomate…… p. 36
Photo 29 : Oeufs de *Phthia picta* sur concombre…… p. 36
Photo 30 : Symptômes de l'acariose déformante sur tomate…… p. 38
Photo 31 : Guêpe Braconidae sur tomate…… p. 39
Photo 32 : Araignée *Theridula* sp. et punaise *Macrolophus* sp. sur tomate…… p. 40
Photo 33 : Syrphe *Toxomerus watsoni* dans une inflorescence de *Spermacoce* sp. et ponte de chrysope sur tomate…… p. 41
Photo 34 : Fleur de tomate endommagée par une mélipone du genre *Trigona*…… p. 43
Photo 35 : Proximité entre plants de tomates jeunes et plants de tomates âgés infestés d'aleurodes…… p. 50
Photo 36 : Feuilles de concombres infestées respectivement de larves de mouches mineuses et d'aleurodes *Bemisia tabaci*…… p. 51
Photo 37 : Pucerons *Aphis gossypii* sur aubergine et mouche mineuse sur concombre observés dans la pépinière…… p. 52

PROJET ITINÉRAIRE TECHNIQUE INTÉGRÉ SUR SOLANACÉES

Agronomie Services (porteur), Ingagen et Solicaz (partenaires).

La réflexion engagée porte sur la gestion des insectes nuisibles aux Solanaceae, principalement en culture sous-abri. Le suivi des insectes nuisibles (phytophages) et auxiliaires (entomophages) doit permettre :

- d'en identifier les principaux représentants,
- de caractériser leur présence dans le temps (sur un cycle de culture complet, sur des cycles successifs),
- de proposer des méthodes de gestion des populations excluant ou réduisant au minimum le recours aux produits phytosanitaires.

Indépendamment des aspects entomologiques, Agronomie Services et Ingagen conduisent différents essais agronomiques qui seront brièvement évoqués ici.

I. DISPOSITIF ET PROTOCOLE DE SUIVI

I. 1. SITE ET AMÉNAGEMENTS

Les expérimentations et suivis ont été réalisés sur la parcelle de l'exploitation « Les Moringas » (05°01'25'' N ; 52°31'31'' O), au lieu-dit La Césarée, sur la commune de Macouria. Les premiers aménagements datent du mois de juillet 2017 et les premières cultures d'octobre, la parcelle étant initialement une prairie.

Sept serres tunnel de 250m^2 sont implantées sur la parcelle et une zone est réservée aux cultures en plein champ. Les dimensions de chaque serre sont de 8m de large par 31m de long (soit 248m²). Six d'entre elles sont alignées et espacées de 2m, la septième est située à l'écart, séparée par les cultures de plein champ. La pépinière est un tunnel de 8m de large sur 45m de long environ.

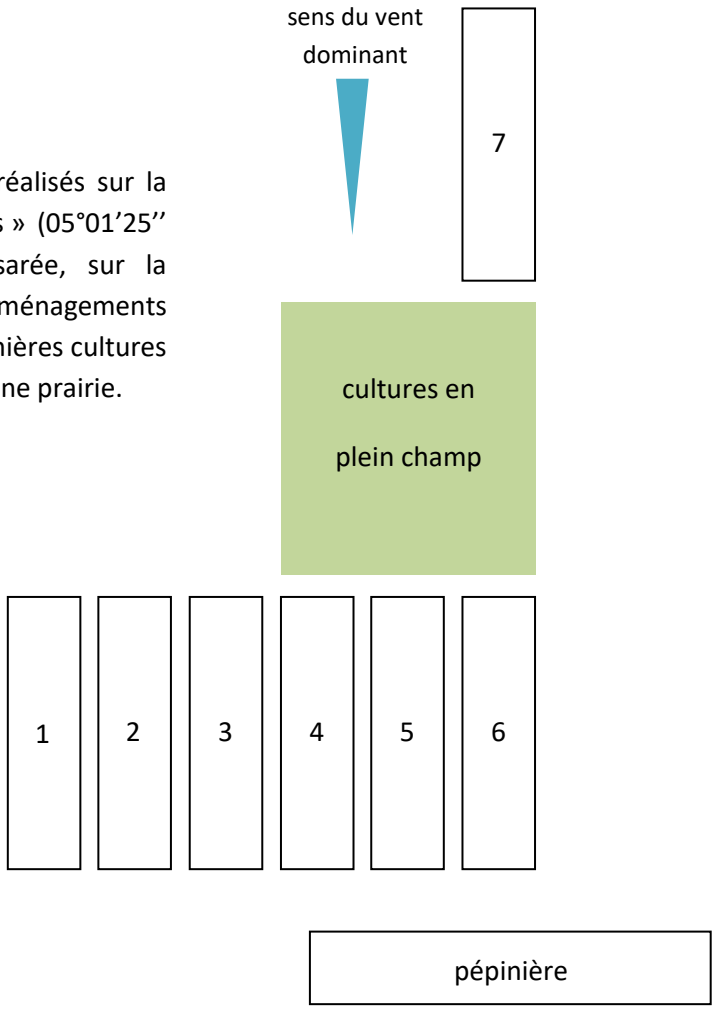


Figure 1 : Schéma de l'emplacement des serres (la numérotation utilisée ici sera reprise dans la suite du rapport).

I. 2. CULTURES ET ESSAIS

I. 2. 1. Modalités de culture

Les serres abritent des cultures à haute densité. Les plantations sont faites en 2 lignes de 50 plants sur chaque billon, une serre compte 5 billons, soit un total de 500 plants.
Trois types de conduite de culture ont été testées sous les différentes serres.

Tableau 1 : Caractéristiques générales des trois modalités de culture.

CULTURE CONTRÔLÉE	CULTURE TRAITÉE	CULTURE « NON-TRAITÉE »
serre fermée (insect-proof)	serre ouverte (tunnel)	serre ouverte (tunnel)
hors-sol	pleine terre	pleine terre
fertilisation conventionnelle par fertirrigation	fertilisation conventionnelle par fertirrigation	fertilisation organique (fumier de bovin) puis organo-minérale (engrais utilisable en AB)
traitements phytosanitaires conventionnels	traitements phytosanitaires conventionnels ou autorisés en AB	traitements phytosanitaires autorisés en AB
paillage plastique intégral	paillage plastique des billons	paillage plastique des billons
serre 1	serre 2, 3, 4, 5 et 6	serre 7

Quelques exceptions à ces caractéristiques peuvent être signalées :
- la serre 2 a abrité alternativement des cultures hors-sol (paillage plastique intégral) et en pleine terre (paillage des billons seulement).
- pour les serres 6 et 7, le premier cycle de culture a été réalisé sans paillage puis les billons ont été bâchés.

I. 2. 2. Plantes cultivées

Les Solanaceae cultivées appartiennent aux espèces *Solanum lycopersicum* (tomate) et *Capsicum annuum* (poivron).
Presque toutes les autres cultures appartiennent à la famille des Cucurbitaceae : *Cucumis sativus* (concombre), *Cucumis melo* (melon), *Cucurbita maxima* (giraumon) et *Cucurbita pepo* (courgette).

De manière plus anecdotique, l'Apiaceae *Daucus carota* (carotte) et l'Amaryllidaceae *Allium fistulosum* (cive ou ciboule) ont également été cultivées. Elles n'ont occupé qu'un billon de culture chacune, le temps d'un cycle (2 mois et demi environ).

Un essai d'utilisation du sorgho fourrager (*Sorghum* sp., Poaceae) comme engrais vert a été réalisé sous une serre.

I. 2. 3. Essais techniques et variétaux sur tomate

La tomate est sensible à la bactérie *Ralstonia solanacearum* qui provoque des symptômes de flétrissement des plants. Ce pathogène étant présent dans le sol, le greffage de la tomate sur un porte-greffe non sensible permet d'éviter la maladie. Le greffage a ici été réalisé en utilisant l'aubergine comme porte-greffe.
Les serres 6 et 7 ont été plantées en tomate greffée et non-greffée sur un cycle de culture (le premier) pour permettre une comparaison. Par la suite des plants greffés ont été utilisés pour l'ensemble des cultures en pleine terre, tandis que les cultures hors-sol (serre 1), ne nécessitant a priori pas de greffage, ont été menées avec des plants non-greffés.

Des essais variétaux ont également été réalisés, parfois en combinaison avec les essais de greffage. Parmi les différentes variétés testées (toutes à croissance déterminée) peuvent être citées : Panther, Pink Rise, Diabolik, Amapola, TX54 et Symbal.

Le caractère greffé ou non-greffé des plants a été retenu pour le suivi entomologique, considérant que l'aubergine peut avoir une attractivité différente de la tomate vis-à-vis des insectes. En revanche, il n'a pas été tenu compte du critère variétal qui aurait considérablement compliqué la mise en œuvre du suivi, tout en étant d'une pertinence limitée au regard du comportement des insectes.

I. 3. MÉTHODE DE SUIVI DES INSECTES

Le suivi des insectes a débuté le 1er décembre 2017 (soit environ un mois et demi après les premières plantations) et s'est terminé le 11 octobre 2018. Dans un premier temps les serres ont été visitées chaque semaine, puis le suivi s'est déroulé avec un intervalle de deux semaines entre chaque visite (ou plus en fonction des disponibilités). Le calendrier de suivi sera donné avec celui des plantations dans la partie II. RÉSULTATS.

I. 3. 1. Échantillonnage des plants

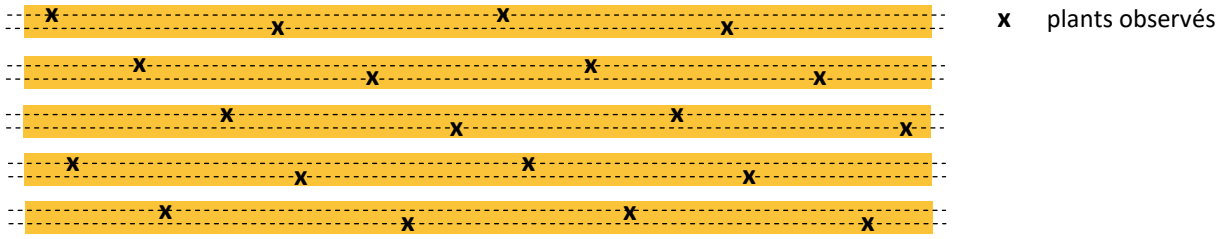
L'échantillonnage d'une serre porte sur 20 plants choisis au hasard (différents lors de chaque visite) en respectant une répartition spatiale homogène (voir Figure 2. a)). Une serre étant organisée en 5 billons (de 2 lignes de plantation), 4 plants ont été observés sur chacun d'eux, le choix tenant compte de la distance entre les plants (équivalente) et de leur représentativité (plants plus ou moins hauts, plus ou moins vigoureux, avec ou sans fleurs et fruits).

Dans le cas des essais visant à comparer des plants de tomate greffés et non-greffés (premier cycle de culture des serres 6 et 7), l'échantillonnage a été réalisé sur 10 plants greffés et 10 plants non-greffés (voir Figure 2. b)) de chaque serre.

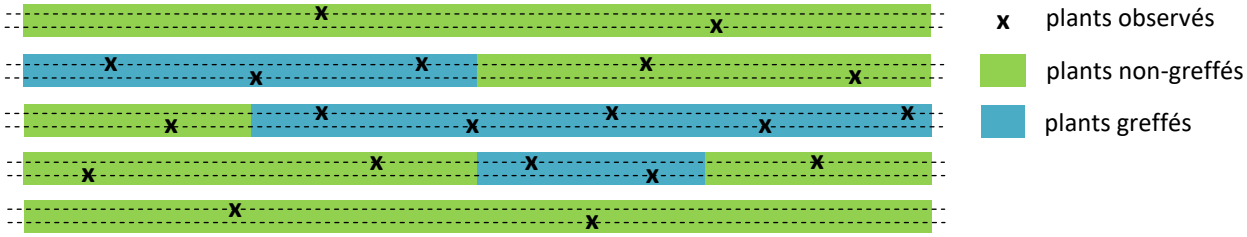
Pour les poivrons cultivés en plein champ et dans de rares cas sous serre (plants de tomate en fin de vie notamment), l'échantillonnage n'a porté que sur 10 plants. Le nombre d'insectes observés sera alors multiplié par deux pour l'analyse des résultats.

Figure 2 : Plan d'échantillonnage des serres.

a) cas général.



b) cas des essais visant à comparer des plants de tomate greffés et non-greffés.



I. 3. 2. Observation et quantification des insectes

L'observation d'un plant est d'abord globale et réalisée sans toucher le feuillage afin de repérer les insectes avant qu'ils s'enfuient. Les feuilles sont ensuite retournées car de nombreux insectes en occupent la face inférieure. Les tiges sont également observées, en particulier la base du plant.
Sur des plants jeunes toutes les feuilles ont pu être retournées, mais à partir d'un certain stade de croissance il n'a plus été possible d'observer l'intégralité du feuillage. Des rameaux ont alors été retournés aléatoirement sur l'ensemble du feuillage, en portant une attention particulière aux feuilles hautes (tissus les plus jeunes) et aux feuilles basses (les plus âgées).
Dans le cas des poivrons, il est facile de circonscrire le feuillage d'un plant de par son architecture et en raison de l'écartement entre les individus. En revanche, les plants de tomate étant grimpants et très denses, les feuillages de deux plants adjacents finissent par s'interpénétrer et il devient alors difficile de les individualiser. Des observations réalisées sur un plant ont donc pu inclure quelques feuilles ou rameaux des plants voisins.

Pour certains insectes il est possible de réaliser un comptage exact (chenilles, œufs de papillons ou de chrysopes), mais pour d'autres, de petite taille ou très mobiles, le dénombrement est difficile.
De même que les observations se complexifient avec la croissance d'un plant, le dénombrement des insectes perd en précision avec l'augmentation des effectifs : le comptage est précis tant que les individus sont peu nombreux et devient une estimation (arrondi à la dizaine) à partir d'un certain stade de développement de la population.

I. 3. 3. Élevages

Il est souvent difficile d'identifier les insectes aux stades immatures (œuf, larve, nymphe), les critères de détermination étant plus évidents ou mieux connus pour le stade adulte. Les œufs et larves observés ont pu être collectés et élevés dans certains cas, notamment celui des chenilles.

Des élevages ont également été réalisés pour mettre en évidence d'éventuels insectes parasitoïdes : des insectes phytophages (collectés aux stades immatures) peuvent avoir été parasités par des guêpes ou des mouches qui émergent alors au cours de l'élevage.

II. RÉSULTATS

II. 1. CALENDRIER DES PLANTATIONS ET CARACTÉRISTIQUES DU SUIVI DES INSECTES

II. 1. 1. Calendrier des observations sur les différentes cultures

Le suivi des insectes a été réalisé en 24 visites réparties sur une période de 10 mois, les cultures échantillonnées étant fonction du calendrier de plantation décidé par le chef d'exploitation. Certaines serres ont pu être exclues du suivi pour diverses raisons : cultures en fin de vie, temps imparti insuffisant pour observer toutes les serres en une seule visite, ou traitement insecticide récent empêchant l'accès à la serre.

Tableau 2 : Cultures présentes pendant le suivi des insectes (échantillonnages réalisés sur les cultures **en gras**).

DATE	SERRE 1	SERRE 2	SERRE 3	SERRE 4	SERRE 5	SERRE 6	SERRE 7	PLEIN CHAMP
2017								
01/12	**tomate**	sorgho	Ø	Ø	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
07/12	**tomate**	Ø	Ø	Ø	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
15/12	**tomate**	(sorgho)	Ø	Ø	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
22/12	**tomate**	(sorgho)	Ø	Ø	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
2018								
05/01	tomate	(sorgho)	Ø	Ø	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
18/01	Ø	(sorgho)	tomate	concomb.	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
01/02	tomate	(sorgho)	tomate	concomb.	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
06/02	**tomate**	(sorgho)	**tomate**	concomb.	Ø	tomate	tomate	Ø
15/02	tomate	(sorgho)	tomate	concomb.	Ø	**tomate**	**tomate**	Ø
22/02	**tomate**	Ø	**tomate**	concomb.	Ø	tomate	tomate	Ø
06/03	**tomate**	Ø	**tomate**	concomb.	Ø	tomate*	Ø	Ø
20/03	**tomate**	Ø	**tomate**	concomb.	Ø	tomate*	Ø	Ø
03/04	**tomate**	Ø	**tomate**	Ø	concomb.	tomate**	Ø	Ø
16/04	**tomate**	Ø	**tomate**	Ø	concomb.	tomate**	Ø	Ø
30/04	**tomate**	Ø	**tomate**	Ø	concomb.	tomate**	Ø	giraumon
15/05	**tomate**	**poivron**	**tomate**	Ø	concomb.	cib./carot.	Ø	giraumon
28/05	**tomate**	**poivron**	**tomate**	tomate	concomb.	carotte	Ø	giraumon
12/06	**tomate**	**poivron**	**tomate**	**tomate**	Ø	carotte	Ø	giraumon
Suivi suspendu								
26/07	Ø	**poivron**	Ø	**tomate**	Ø	Ø	Ø	poiv./cour.
09/08	Ø	**poivron**	concomb.	**tomate**	Ø	melon	Ø	poiv./cour.
23/08	Ø	Ø	concomb.	Ø	Ø	melon	Ø	**poiv**./cour.
06/09	**tomate**	Ø	concomb.	Ø	**tomate**	melon	Ø	**poiv**./cour.
25/09	**tomate**	melon	Ø	concomb.	**tomate**	melon	**tomate**	**poiv**./cour.
11/10	**tomate**	melon	Ø	concomb.	tomate	Ø	**tomate**	**poivron**

(sorgho) = repousse ; tomate* = tomate + 1 billon de ciboule ; tomate** = tomate + 1 billon de ciboule + 1 billon de carotte ; cib. = ciboule ; cour. = courgette.

II. 1. 2. Nombre de plants observés

Les échantillonnages (sur 20 plants de chaque serre) n'ont porté que sur les tomates et poivrons. Néanmoins, d'autres observations (non standardisées) ont été réalisées sur :
- les concombres et melons, qui hébergent certains insectes nuisibles aux Solanaceae ;
- le sorgho, qui peut attirer des insectes consommateurs de graminées et les auxiliaires associés ;
- la flore adventice, qui peut attirer des insectes auxiliaires en leur offrant du nectar et du pollen.

Le nombre total de plants de tomate observés (en cumulant toutes les dates de visite et toutes les serres) est de 950 plants, la répartition étant quasiment égale entre les modalités « non-greffé » (49,5 % des plants observés) et « greffé » (50,5 %).

Tableau 3 : Répartition des observations réalisées sur tomate (pourcentages exprimés à partir du nombre total de plants observés).

NOMBRE TOTAL DE PLANTS OBSERVÉS = **950**							
NON-GREFFÉS = **470**			GREFFÉS = **480**				
serre 1	serre 6	serre 7	serre 3	serre 4	serre 5	serre 6	serre 7
310	**80**	**80**	**190**	**50**	**40**	**80**	**120**
33 %	8,5 %	8,5 %	20 %	5 %	4 %	8,5 %	12,5 %

Le nombre total de plants de poivron observés est de 140, répartis entre la serre 2 (64 % des plants observés) et la parcelle de plein champ (36 %).

II. 1. 3. Traitements insecticides

Des insecticides ont été appliqués sur les plants de tomate a l'initiative du chef de culture. Les dates des traitements connus figurent dans le tableau 4 dans la mesure où ils ont pu affecter les observations d'insectes. Des traitements fongicides ont également été réalisés sur tomate et poivron.

Tableau 4 : Traitements insecticides réalisés sur tomate pendant la période de suivi.

DATE	SERRE	PRODUIT PHYTOSANITAIRE	MOLÉCULE OU AGENT	INSECTES CIBLES
09/12/2017	6	Karaté Zéon	lambda-cyhalothrine	tous
	7	savon noir	savon noir	piqueurs-suçeurs
10/12	1 - 7	?	*Bacillus thuringiensis*	chenilles
02/02/2018	1 - 3	Vertimec	abamectine	tous
05/02	1 - 3	?	*Bacillus thuringiensis*	chenilles
12/06	1	?	?	chenilles
10/11	5	Limocide	huile essentielle d'orange	tous
	7	?	*Bacillus thuringiensis*	chenilles

Des cadavres d'insectes ont été observés sur les plants, ce qui suggère l'application récente d'un insecticide. Ces traitements (non confirmés) auraient pu être réalisés les 6 et 20 mars sous la serre 3, le 3 avril sous la serre 1, et le 15 mai sous la serre 3.

II. 2. PRINCIPAUX INSECTES NUISIBLES PRÉSENTS SUR TOMATE ET POIVRON

II. 2. 1. Mouches mineuses

La présence des mouches mineuses (Diptera, Agromyzidae) sur les tomates est révélée par l'observation des galeries (appelées mines) creusées par les larves dans l'épaisseur des feuilles. Les nymphes (appelées pupes chez les diptères) sont parfois visibles sur les feuilles, en revanche les adultes sont difficiles à repérer du fait de leur petite taille (1,5 mm environ) et de leur mobilité.

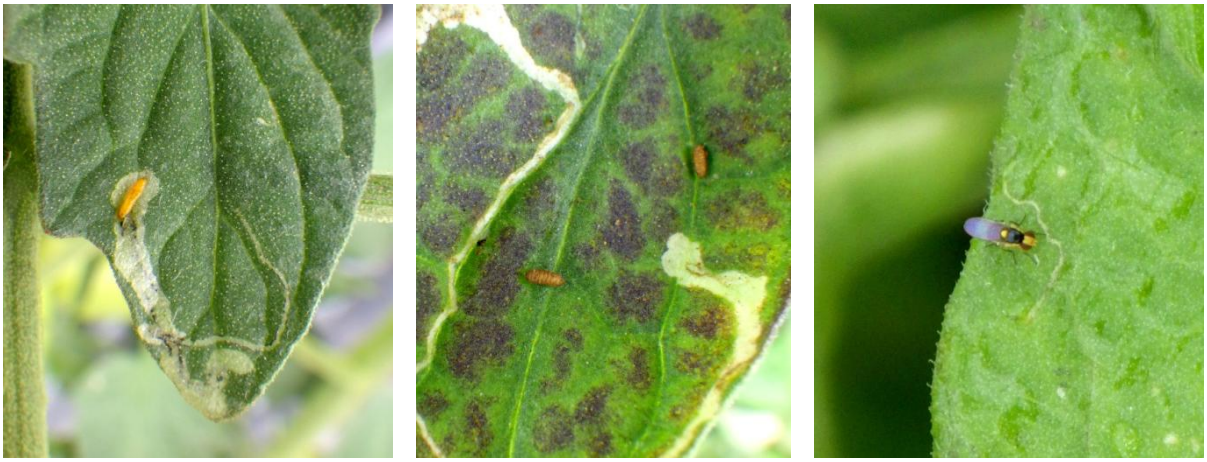


Photo 1 (de gauche à droite) : Larve, pupes et adulte de mouches mineuses sur feuilles de tomate.

Un échantillon de 12 individus adultes a été constitué (à partir de collectes d'adultes et d'élevages de pupes) et envoyé au Centre de Biologie pour la Gestion des Populations de Montpellier pour identification. Il s'agit de *Liriomyza sativae*, une espèce originaire du continent américain (mais aujourd'hui présente en Asie et dont l'aire de répartition continue de s'étendre) connue pour se développer sur les Solanaceae, les Fabaceae et les Cucurbitaceae (CIPV, 2016).

Photo 2 : *Liriomyza sativae* (Diptera, Agromyzidae).

De nombreuses mines ont été observées sur les feuilles de tomates, et dans une moindre mesure sur celles de leurs porte-greffes, ce qui suggère que cette mouche se développe aussi sur l'aubergine. En revanche aucune mine n'a été observée sur les poivrons. Concernant les Cucurbitaceae, le concombre est très sensible, et la courgette présente également des mines.

Les graphiques suivants illustrent l'évolution des populations de mouches mineuses au cours du temps sous les différentes serres de tomate. L'estimation des effectifs est réalisée à travers le nombre de mines observées : chaque mine héberge (ou a hébergé) une seule larve.
Les cycles de culture de tomate sont représentés par des barres de couleur sous les graphiques, chaque couleur correspondant à une serre.

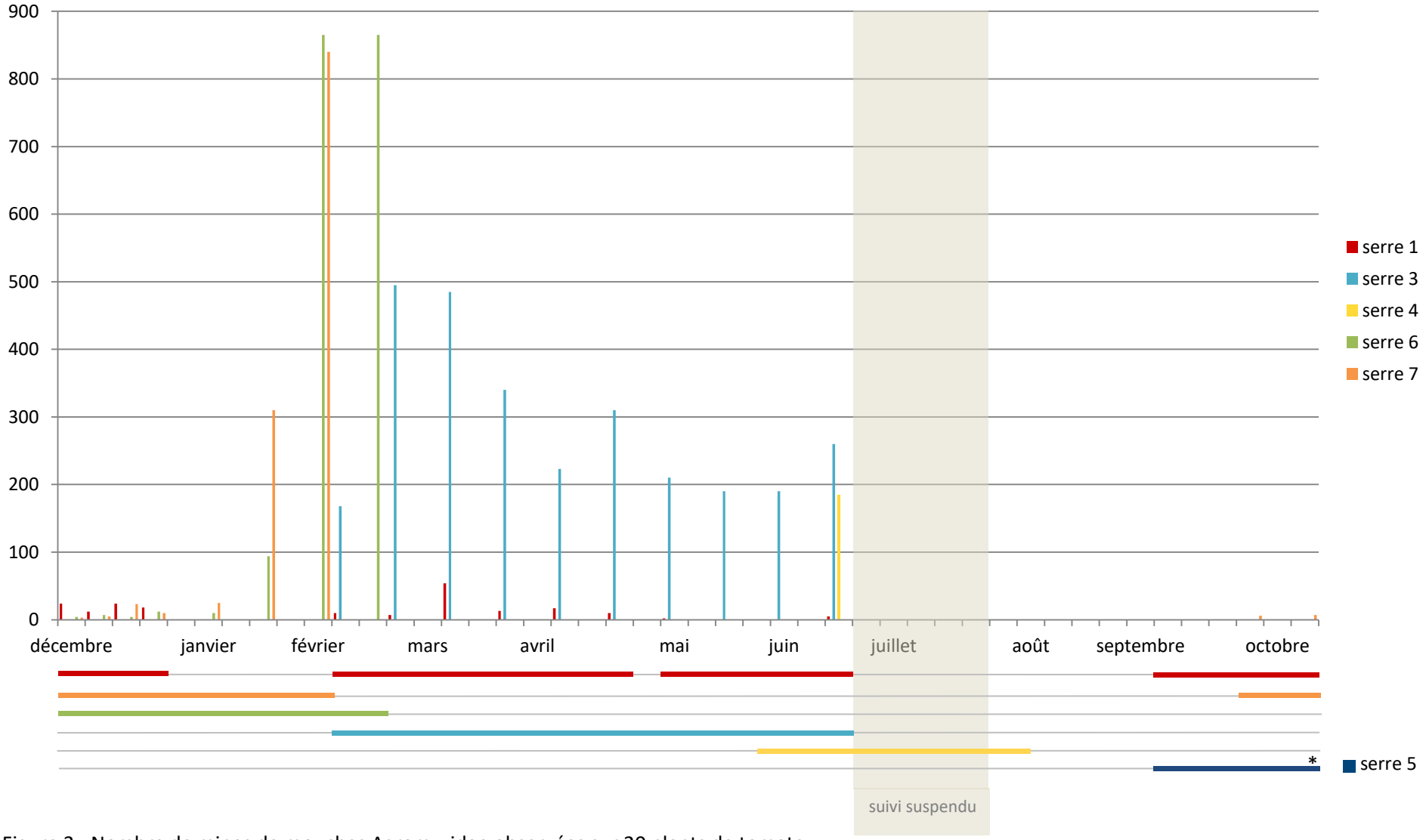


Figure 3 : Nombre de mines de mouches Agromyzidae observées sur 20 plants de tomate.

*donnée manquante pour la serre 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

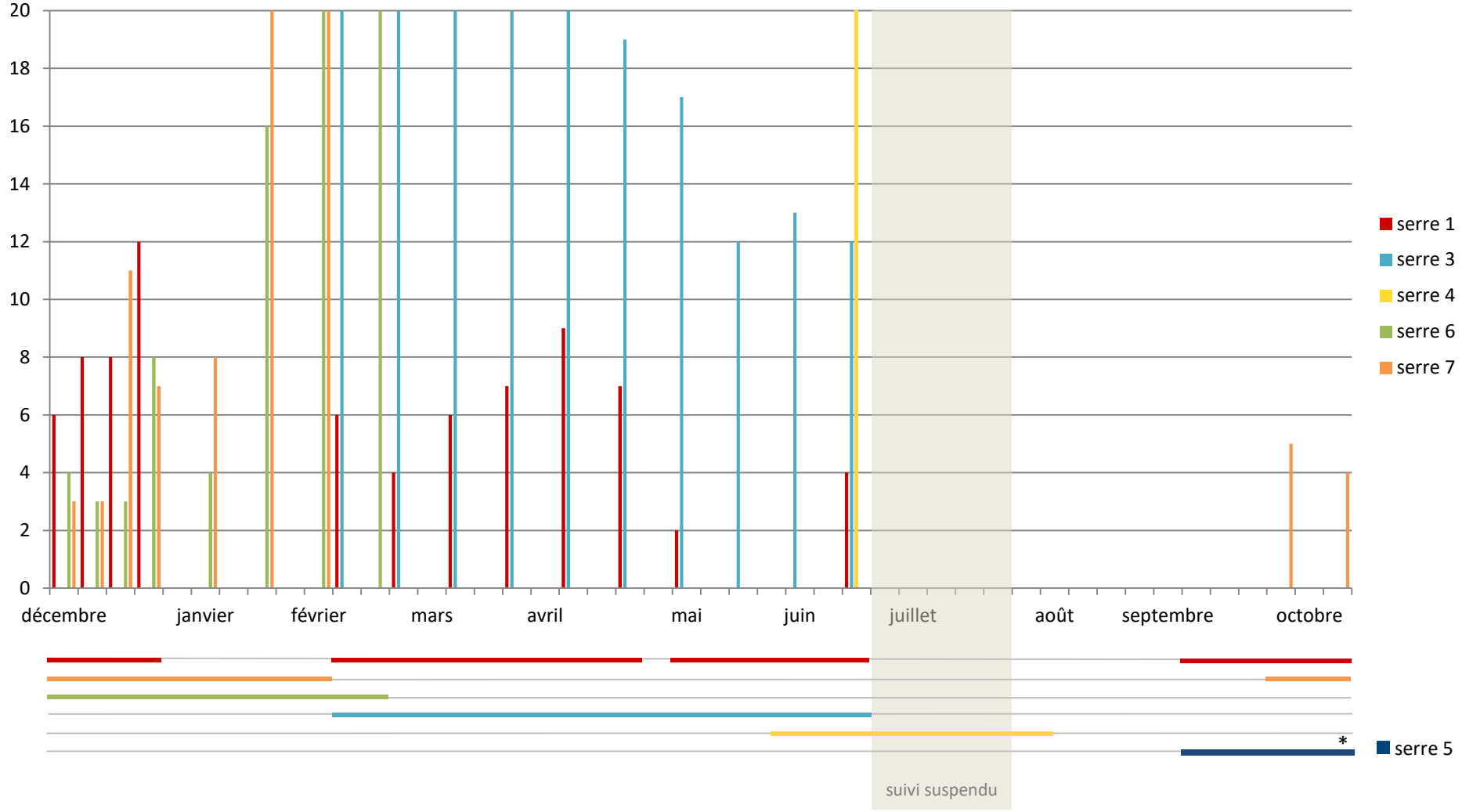


Figure 4 : Nombre de plants de tomate (sur 20 plants observés) hébergeant des larves de mouches Agromyzidae.

*donnée manquante pour la serre 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

▪ Les mouches mineuses étaient présentes dès le début du suivi (en décembre) ce qui suggère qu'elles se sont installées rapidement après les premières plantations (mi-octobre).

▪ La serre 1, pourtant équipée de toile insect-proof, n'a pas été épargnée. La présence de mouches mineuses à l'intérieur peut être expliquée par l'introduction de plants de tomate porteurs de larves de mouches depuis la pépinière, ou par le caractère non-hermétique du dispositif insect-proof (serre régulièrement ouverte pour permettre la pollinisation par le vent et trous observés à partir d'avril). La serre 1 montre tout de même le niveau d'attaque le plus bas : le nombre de plants hébergeant des larves n'excède pas la moitié des plants observés, et le nombre de mines estimé est le plus faible des quatre serres suivies. Les plantations réalisées sous cette serre début septembre n'étaient toujours pas attaquées au début du mois d'octobre (fin du suivi).

▪ Les serres 6 et 7 ont vu le nombre de mouches mineuses augmenter progressivement tout au long du cycle de culture jusqu'à atteindre des niveaux d'infestation maximum.

▪ La serre 3 a connu des attaques de mouches importantes dès le début de la culture (et jusqu'à la fin du cycle), probablement car elle a « profité » de l'infestation en cours sous la serre 6. Les distances de vol moyenne et maximale mesurées chez *Liriomyza trifolii* (une espèce très proche de *Liriomyza sativae*) étant respectivement de 20 m et 100 m (JONES, 1986), il semble tout à fait possible que les mouches aient pu parcourir la distance de 22 m séparant les serres 3 et 6.
De même, la serre 4 a été rapidement atteinte et tous les plants observés présentaient des mines. Le suivi n'a pas pu être réalisé sur jusqu'à la fin du cycle de culture.

▪ Un cycle de culture de tomate a été réalisé sous la serre 5 en fin de suivi. Aucune mouche mineuse n'a été détectée jusqu'à la fin du mois de septembre, mais le suivi n'a pas pu être mené à son terme.

<u>Prédateurs et parasitoïdes des mouches mineuses :</u>

Aucun prédateur particulier n'a été observé à proximité des galleries creusées par les larves des mouches mineuses.

Les élevages réalisés à partir de mines arrivent rarement jusqu'à la fin du développement : seuls deux adultes ont été obtenus à partir des 45 larves collectées. La feuille sèche rapidement après la collecte, ce qui prive la larve de nourriture, empêche la poursuite de son développement, et en conséquence celui des éventuels parasitoïdes. Lorsque les collectes sont réalisées au stade de pupe les résultats des élevages sont meilleurs puisqu'à ce stade l'individu n'a plus besoin de se nourrir : trois adultes ont été obtenus à partir des 9 pupes collectées.

Aucun parasitoïde n'a émergé des larves ou pupes de mouches mineuses élevées. La bibliographie mentionne pourtant un grand nombre d'espèces de parasitoïdes pouvant s'attaquer spontanément aux stades immatures (larves et pupes) des mouches mineuses en Amérique du Sud, principalement parmi les guêpes Eulophidae, Pteromalidae et Braconidae (SALVO, 2005 ; CARDOSO-DA-COSTA-LIMA, 2014 ; MUJICA, 2011).

II. 2. 2. Aleurodes

Deux espèces d'aleurodes peuvent principalement être observées en Guyane sur les Solanaceae : *Aleurotrachelus trachoides*, plus fréquente sur les poivrons et piments, et *Bemisia tabaci* qui concerne davantage les tomates. Les adultes des deux espèces sont difficiles à distinguer, en revanche les stades immatures (larves et puparia) sont aisément reconnaissables.

II. 2. 2. a) *Aleurotrachelus trachoides*

Photo 3 (de gauche à droite) : Oeufs et jeunes larves d'*Aleurotrachelus trachoides*, larves plus âgées, et puparia.

Des petites colonies d'*Aleurotrachelus trachoides* ont été observées cinq fois sur tomate (culture présente en continu) et trois fois sur poivron (une seule serre cultivée du 15 mai au 9 août). Ces colonies consistent en quelques larves groupées sous les feuilles, aucune population dense n'a été détectée.

Bien que peu abondants, les *Aleurotrachelus trachoides* ont pu être observés tout au long de la période de suivi. Il semble qu'ils soient passés des tomates aux poivrons peu de temps après la plantation de ces derniers, puis qu'ils soient retournés sur les tomates après l'arrachage des poivrons. En effet, les tomates en culture à proximité des poivrons sur la même période n'ont pas révélé la présence d'*Aleurotrachelus*.

La bibliographie et des observations antérieures confirment que cette espèce d'aleurode s'attaque davantage aux poivrons et piments qu'aux tomates.

Tableau 5 : Présence d'*Aleurotrachelus trachoides* sous les différentes serres ([ ]).

TOMATE		POIVRON	
22 décembre	[1]		
22 février	[1 et 3]		
16 avril	[1]		
15 mai	[1 et 3]		
		28 mai	[2]
		26 juillet	[2]
		9 août	[2]
11 octobre	[7]		

Des poivrons ont été cultivés en plein champ de juillet à octobre. Seuls quelques aleurodes adultes ont été observés sur ces plants, ce qui ne permet pas de déterminer l'espèce. *Aleurotrachelus trachoides* et *Bemisia tabaci* peuvent en effet se côtoyer et ne sont facilement identifiables qu'au stade larvaire (Photo 4).

Photo 4 : Larve de *Bemisia tabaci* (jaune) près d'une colonie d'*Aleurotrachelus trachoides* (larves cotonneuses) sur poivron.

II. 2. 2. b) *Bemisia tabaci*

Les premiers aleurodes observés l'ont été au stade adulte, ce n'est donc qu'au moment de la détection des larves que l'identification de *Bemisia tabaci* a pu être confirmée. Au vu du nombre de larves observées pour les deux espèces, il apparaît que les fortes densités d'aleurodes adultes observées sur tomate sont le fait de *Bemisia tabaci* et non d'*Aleurotrachelus trachoides*.

Photo 5 : Aleurodes *Bemisia tabaci* adultes.

Photo 6 : Larves de *Bemisia tabaci.*

Les aleurodes sont des insectes piqueurs-suceurs qui causent des dégâts modérés aux plantes par prélèvements de sève. La sévérité des dégâts est donc directement liée à leur nombre, la perte d'une quantité de sève importante pouvant conduire à un certain affaiblissement de la plante.

Le miellat excrété par les aleurodes (larves et adultes) et déposé sur les feuilles est une substance sucrée propice à l'apparition de fumagine, symptôme du développement de champignons microscopiques. La pellicule noire qui apparaît alors à la surface des feuilles limite les capacités de photosynthèse de la plante.

Les aleurodes constituent une menace pour les cultures en tant que vecteurs de virus. *Bemisia tabaci* est connu mondialement pour ses capacités à transmettre de nombreux virus à des cultures de familles botaniques variées. Au Venezuela par exemple, 12 virus ont été identifiés chez cet aleurode (ROMAY, 2016). Le TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus), répandu dans le monde entier (GHANIM, 2000), est le virus le plus redouté sur la tomate. En Guyane, des plants de tomates présentant des symptômes proches de ceux causés par le TYLCV ont révélé la présence d'un nouveau virus, le ToCMoV (Tomato Chlorotic Mottle Virus), lui aussi transmis par *Bemisia tabaci* (LETT, 2015).

Les résultats qui suivent ne concernent que les cultures de tomates, mais *Bemisia tabaci* a également été observé sur des plants de poivrons, et en très grande quantité sur les concombres et melons.

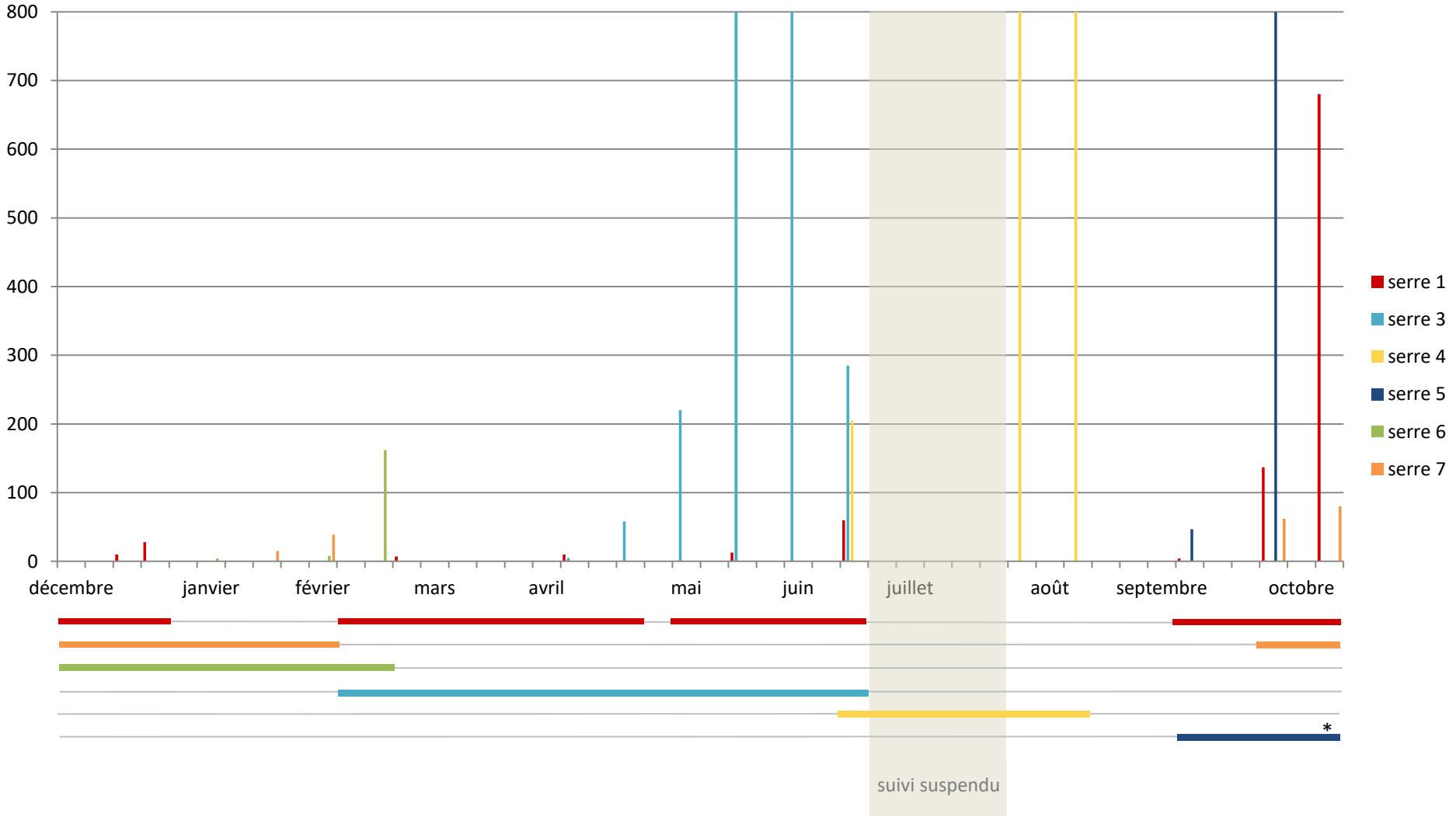


Figure 5 : Nombre d'aleurodes adultes observés sur 20 plants de tomate (maximum théorique de 800 = individus indénombrables ; maximum réel observé = 1240 individus).

*donnée manquante pour la serre 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

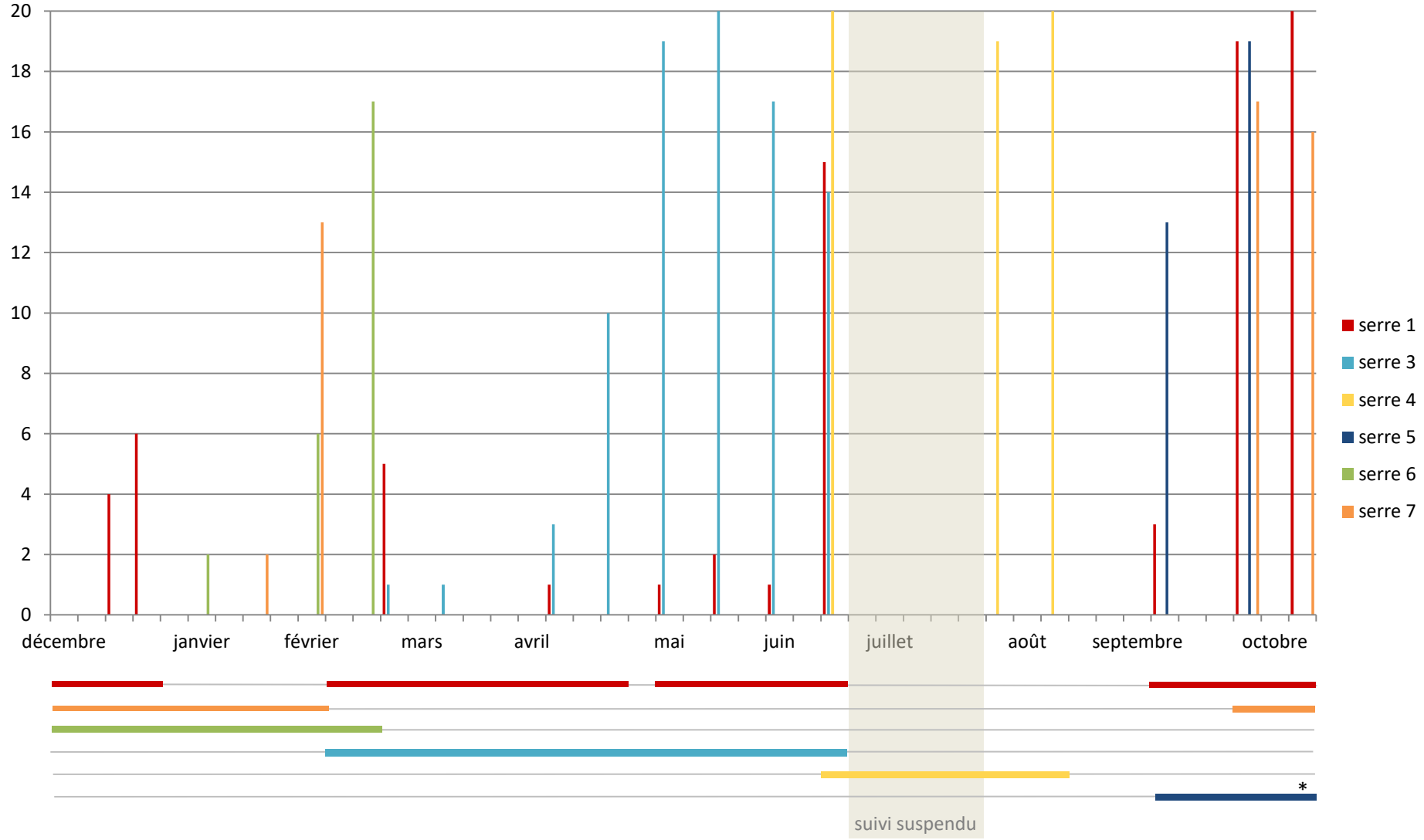


Figure 6 : Nombre de plants de tomate (sur 20 plants observés) hébergeant des aleurodes adultes.

*donnée manquante pour la serre 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

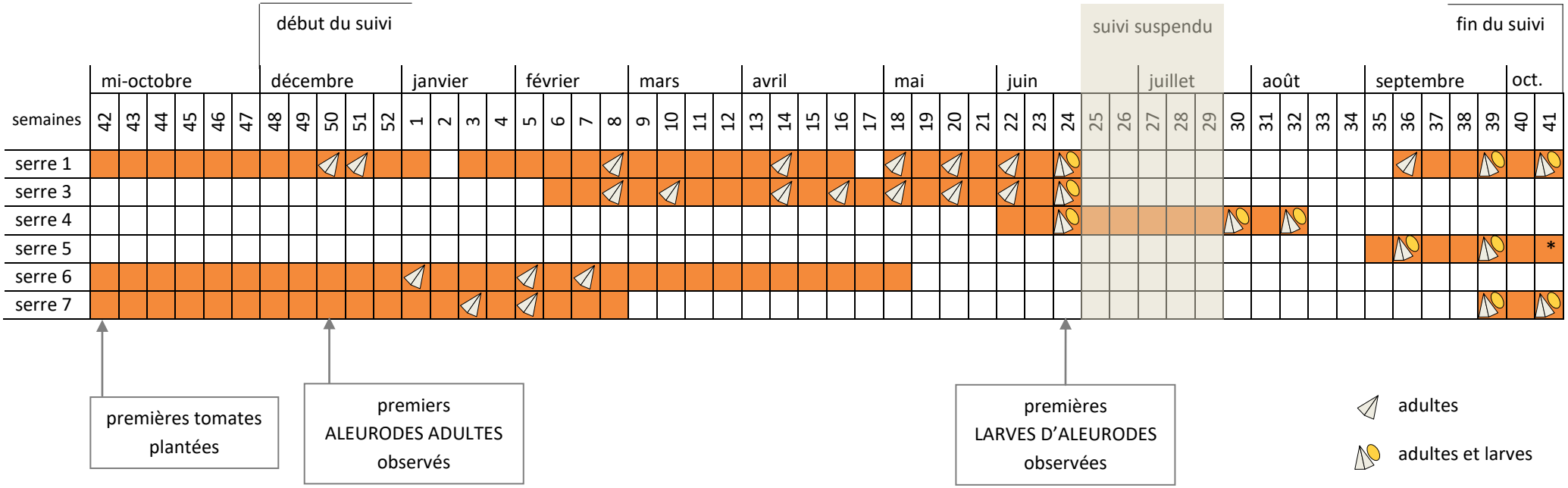


Figure 7 : Calendrier des plantations de tomate et du développement de la population d'aleurodes.

*donnée manquante pour la serre 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

▪ Les premiers aleurodes ont été détectés sous la serre 1 (insect-proof) le 15 décembre, soit environ 2 mois après les premières plantations de tomate. Sous cette serre le renouvellement fréquent des plants n'a pas permis à la population d'atteindre une densité élevée sur la première moitié de l'année, néanmoins les aleurodes ont été présents continuellement.

▪ Sous les serre 6 et 7 où les cultures ont été maintenues plus longtemps (environ 6 et 4 mois respectivement), le développement des populations d'aleurodes est évident : à partir de l'apparition des premiers individus le nombre de plants attaqués augmente rapidement jusqu'à atteindre la quasi-totalité des plants.

▪ A l'échelle de l'exploitation, l'infestation par *Bemisia tabaci* (photo 7) peut être datée vers la fin du mois d'avril. En effet les tomates cultivées sous la serre 3 ont connu un niveau d'attaque élevé à partir de cette date, la serre 4 a été fortement attaquée dès sa plantation fin mai, et toutes les cultures de tomates (de concombres et de melons) à partir de cette période (et jusqu'à la fin du suivi) ont montré des effectifs très importants d'aleurodes adultes et de larves.
Au moins trois adventices hôtes de *Bemisia tabaci* ont également été atteintes durant cette période d'infestation : *Cleome* sp. (probablement *C. rutidosperma*), *Ludwigia* sp., et une troisième espèce qui n'a pas pu être identifiée.

Photo 7 : Quantités d'aleurodes *Bemisia tabaci* adultes (à gauche) et de larves (à droite) caractérisant l'infestation.

Photo 8 : *Cleome* sp. infestée de *Bemisia tabaci*.

Prédateurs et parasitoïdes des aleurodes :

Les seuls prédateurs dont l'efficacité sur les aleurodes a pu être mise en évidence sont les araignées. Des toiles renfermant des dizaines de cadavres d'aleurodes adultes ont été observées à 5 reprises sur des plants de tomate. La toile peut être tissée par anticipation au-dessus d'une feuille couverte de larves d'aleurodes de manière à ce que les adultes soient piégés au moment de leur émergence (une observation sur des larves de *Bemisia tabaci*).
Dans deux cas, l'araignée présente dans la toile appartenait à la famille des Theridiidae.

Des larves de *Bemisia tabaci* ont été collectées et élevées dans le but d'obtenir des parasitoïdes.

Tableau 6 : Élevages de larves de *Bemisia tabaci* réalisés et parasitoïdes obtenus.

DATE DE COLLECTE	SERRE	PLANTE HÔTE	PARASITOÏDES OBTENUS
12/06/2018	4	tomate	Ø
09/08/2018	2	poivron	Ø
09/08/2018	4	tomate	1 *Eretmocerus mundus* (émergé le 20/08)
25/09/2018	1, 5, 7	tomate	Ø
11/10/2018	1	tomate	Ø
11/10/2018	7	tomate	2 *Eretmocerus mundus* (émergés les 18/10 et 23/10)

Le nombre de parasitoïdes obtenus est très faible par rapport au nombre de larves collectées. A titre d'exemple, 10 feuilles de tomates infestées ont été collectées le 11 octobre (5 sous la serre 1, et 5 sous la serre 7). À ce niveau d'infestation (voir photo 7) les larves sont indénombrables, mais cette collecte de 10 feuilles représente plusieurs centaines de larves et seulement 2 parasitoïdes en ont émergé. Le parasitisme naturel des aleurodes *Bemisia tabaci* par des micro-hyménoptères (micro-guêpes) sur tomate est néanmoins avérée. Les larves d'aleurodes présentes sur concombre sont également parasitées par ces micro-guêpes (2 individus obtenus d'élevages).

Ces parasitoïdes sont des Aphelinidae appartenant au complexe d'espèces *Eretmocerus mundus* (identifications d'Adrew POLASZEK, Museum National d'Histoire Naturelle de Londres, d'après les spécimens envoyés).

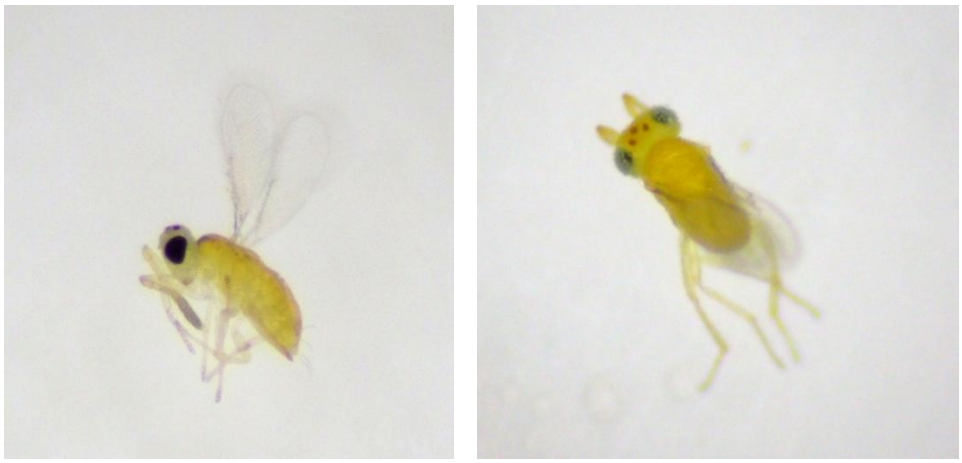


Photo 9 : *Eretmocerus mundus* émergés de larves de *Bemisia tabaci*.

II. 2. 3. Pucerons

Une seule espèce de puceron a été observée sur les tomates et les poivrons : *Aphis gossypii*, une espèce présente dans le monde entier (dans toutes les régions à hiver doux) et connue pour être particulièrement polyphage. La liste de ses plantes hôtes compte plus de 600 espèces appartenant à une centaine de familles botaniques (DEGUINE, 1997).

Photo 10 (de gauche à droite) : *Aphis gossypii* aptères, individu ailé et colonies accompagnées de fourmis.

Parmi les plantes cultivées hébergeant *Aphis gossypii*, les densités de pucerons les plus importantes ont été observées sur les Cucurbitaceae. La famille des Solanaceae est également très appréciée de ces pucerons, mais les tomates et poivrons ont été relativement peu attaqués par rapport aux aubergines utilisées comme porte-greffes des tomates.
Aphis gossypii a également été observé sur la Solanaceae spontanée *Solanum stramonifolium* et sur deux autres adventices communes : *Spermacoce* sp. (probable *Spermacoce verticillata*) et *Sida* sp. (probable *Sida rhombifolia*).

Les pucerons *Aphis gossypii* sont souvent accompagnés de fourmis du genre *Solenopsis* qui sont très agressives et rendent pénibles les interventions sur les cultures.

Photo 11 (de gauche à droite) : Colonies d'*Aphis gossypii* sur porte-greffe de tomate, sur fleur de *Solanum stramonifolium* et sur *Spermacoce* sp.

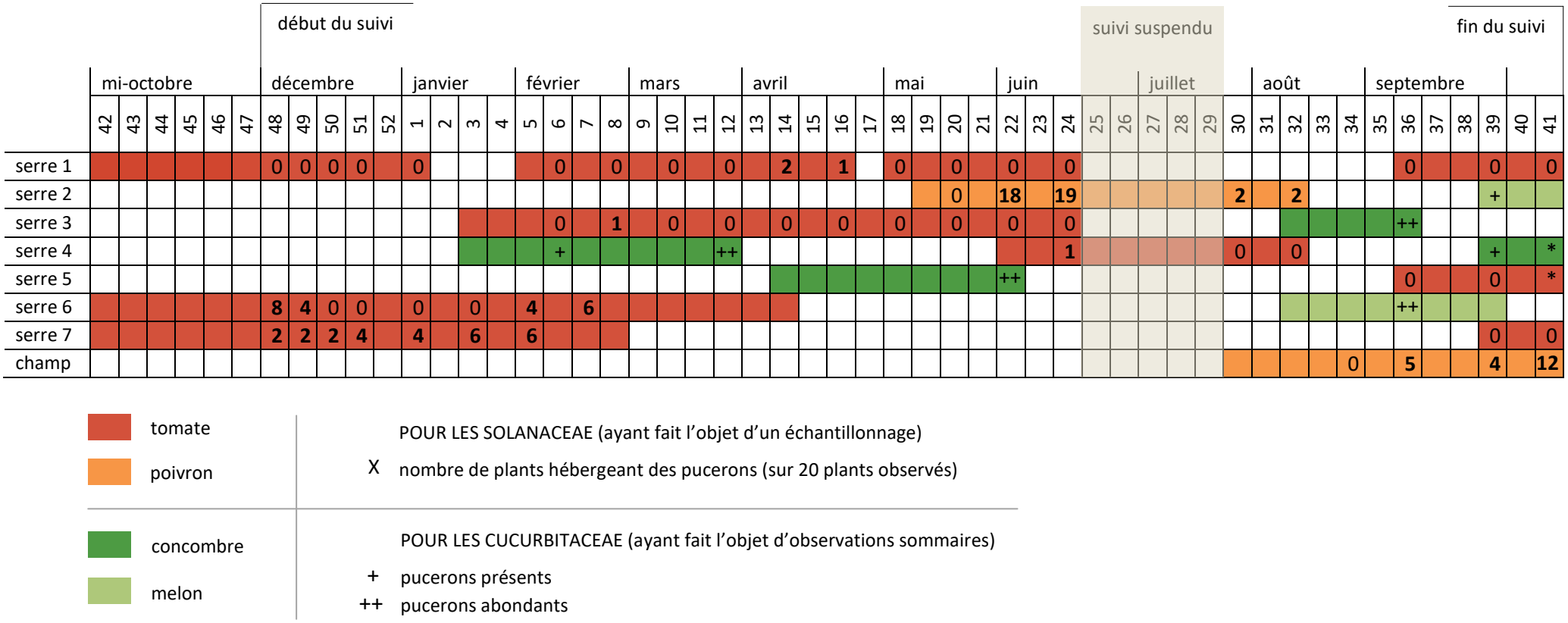


Figure 8 : Calendrier des plantations et des observations de pucerons.

*données manquantes pour les serres 4 et 5 le 11/10 en raison d'un traitement insecticide effectué la veille empêchant l'accès à la serre.

▪ *Aphis gossypii* était déjà présent sur la parcelle au début du suivi, ce qui n'est pas surprenant compte tenu des nombreuses plantes spontanées qui peuvent l'héberger naturellement.

▪ Les pucerons montrent une nette préférence pour l'aubergine utilisée en porte-greffe. En effet, entre octobre et février, sous les serres 6 et 7 où étaient plantées à la fois des tomates greffées et non-greffées (selon le plan décrit par la Figure 2. b)), les pucerons n'ont été observés que sur des plants greffés, même lorsqu'ils étaient présents sur le feuillage du greffon. De plus, les colonies observées étaient plus denses sur les feuilles des porte-greffes que sur celles des greffons. Il semble donc que ce soit l'aubergine qui attire les pucerons sur les plants de tomate.

▪ Les rares pucerons observés entre février et avril sous les serres 3 et 1 étaient tous des ailés. Ces individus sont produits lorsque les ressources alimentaires se raréfient ou connaissent une baisse de qualité : la population entre dans une phase de dispersion à la recherche de nouvelles plantes hôtes sur lesquelles s'établir. Il est probable que la présence de ces individus ailés soit conséquente à l'arrivée en fin de cycle des cultures des serres 6 et 7 : fin février les plants de tomate étaient âgés et affablis (tout de même maintenus sur trois billons de la serre 7 jusqu'en avril).

▪ Il semble que les pucerons aient préféré s'établir sur les concombres (serre 4, puis 5) plutôt que sur les tomates pourtant présentes en même temps et à proximité (serre 3). Les densités de population observées sur concombre (et plus tard sur melon) sont de loin les plus importantes : les feuilles ont pu être couvertes du miellat des pucerons au point d'être collantes au toucher.

▪ Les poivrons plantés sous la serre 2 au début du mois de mai ont été épargnés jusqu'au 15, mais une population d'*Aphis gossypii* s'est ensuite rapidement développée sur la quasi-totalité des plants. Un niveau d'attaque élevé s'est maintenu jusqu'au milieu du mois de juin, avec des colonies peu denses mais nombreuses. Le suivi ayant été suspendu quelques semaines, il n'est pas possible de décrire l'évolution de cette population de pucerons, mais fin juillet - début août la présence d'*Aphis gossypii* sur les poivrons (en fin de cycle) était minime.

▪ Durant la dernière période du suivi (septembre - octobre), les pucerons ont été observés sur les poivrons cultivés en plein champ (densité modérée) et sur les concombres et melons (densité élevée). *Aphis gossypii* montre encore une fois une préférence pour ces cultures lorsqu'il a le choix avec la tomate, disponible à proximité immédiate.

<u>Prédateurs et parasitoïdes des pucerons :</u>

Aucun élevage d'*Aphis gossypii* n'a été entrepris pour mettre en évidence d'éventuels parasitoïdes, en revanche plusieurs groupes d'insectes prédateurs s'attaquant aux pucerons ont été observés.

Photo 12 : Mouche dolichopodide dans une colonie d'*Aphis gossypii*.

Les mouches Dolichopodidae ont été fréquemment observées dans des colonies de pucerons particulièrement développées sur les porte-greffes de tomates (aubergines). Ces mouches aux reflets verts métaliques sont des prédateurs généralistes qui consomment divers petits insectes à corps mou (pucerons, aleurodes, cochenilles, œufs d'insectes, jeunes chenilles…). Présentes sur diverses plantes, elles sont particulièrement actives dans les colonies de pucerons denses.

Les porte-greffes des tomates infestés de pucerons constituent également un site de ponte idéal pour les mouches Syrphidae. En effet ce sont les larves des syrphes qui sont prédatrices, elles doivent pouvoir trouver des proies facilement après leur éclosion. Une femelle adulte de l'espèce *Ocyptamus dimidiatus* a été observée dans une colonie d'*Aphis gossypii*, vraisemblablement à la recherche d'un lieu de ponte.
Un œuf de syrphe a été observé dans une colonie d'*Aphis gossypii* sur l'adventice *Spermacoce* sp.

Photo 13 : Syrphe *Ocyptamus dimidiatus* femelle s'apprêtant à pondre dans une colonie d'*Aphis gossypii*.

Photo 14 : Oeuf de syrphe dans une colonie d'*Aphis gossypii* sur *Spermacoce* sp.

Des larves de coccinelles Scymninae ont été observées à deux reprises en train de consommer des pucerons, sur poivron et sur l'adventice *Sida* sp. Ces larves n'ont pas pu être identifiées au-delà de la sous-famille, les Scymninae comprenant des espèces prédatrices de pucerons ou de cochenilles (GIORGI, 2009).

Photo 15 : Larves de coccinelles Scymninae consommant des pucerons *Aphis gossypii* sur poivron (à gauche) et sur *Sida* sp. (à droite).

II. 2. 4. Cochenilles

A l'exception de petites colonies de Diaspididae observées à trois reprises sur tomate (en avril et mai, toujours sous la serre 3), toutes les cochenilles présentes sur la parcelle appartiennent à la famille des Pseudococcidae, aussi appelées cochenilles farineuses.

Photo 16 : Diaspididae indéterminées sur tomate.

Sur les trois espèces de Pseudococcidae rencontrées, deux ont pu être collectées et envoyées au Centre de Biologie pour la Gestion des Populations de Montpellier : les identifications réalisées par Jean-François GERMAIN permettent d'attester la présence sur la parcelle des espèces *Phenacoccus parvus* et *Pseudococcus jackbeardsleyi*. La troisième espèce pourrait être *Pseudococcus longispinus* mais sa détermination n'a pas été possible car elle était absente au moment de la constitution des échantillons, elle sera donc nommée Pseudococcidae sp1 dans la suite du rapport.

Photo 17 (de gauche à droite) : *Phenacoccus parvus*, Pseudococcidae sp1 et *Pseudococcus jackbeardsleyi*.

Ces cochenilles s'attaquent surtout à la tomate. Elles n'ont fait l'objet que d'une observation sur un porte-greffe de tomate (aubergine) et de cinq observations sur poivron. Ces derniers n'hébergeaient que l'espèce *Phenacoccus parvus*, sous serre comme en plein champ, et toujours en faible quantité (individus isolés ou petites colonies).

Sur les tomates, *Phenacoccus parvus* et Pseudococcidae sp1 sont fréquentes et abondantes, tandis que *Pseudococcus jackbeardsleyi* est rare (3 observations d'individus isolés). Comme l'illustrent les photos 17, les deux espèces principales peuvent former des colonies denses, atteignant parfois des taux de recouvrement importants sur les tiges. Ces deux espèces n'ayant pas été clairement distinguées et identifiées au début du suivi, elles seront considérées ensemble pour l'évaluation quantitative qui suit.

Des fourmis accompagnent parfois *Phenacoccus parvus* : des fourmis rouges *Solenopsis* sp. et des fourmis indéterminées qui construisent des tunnels de terre pour protéger les cochenilles.

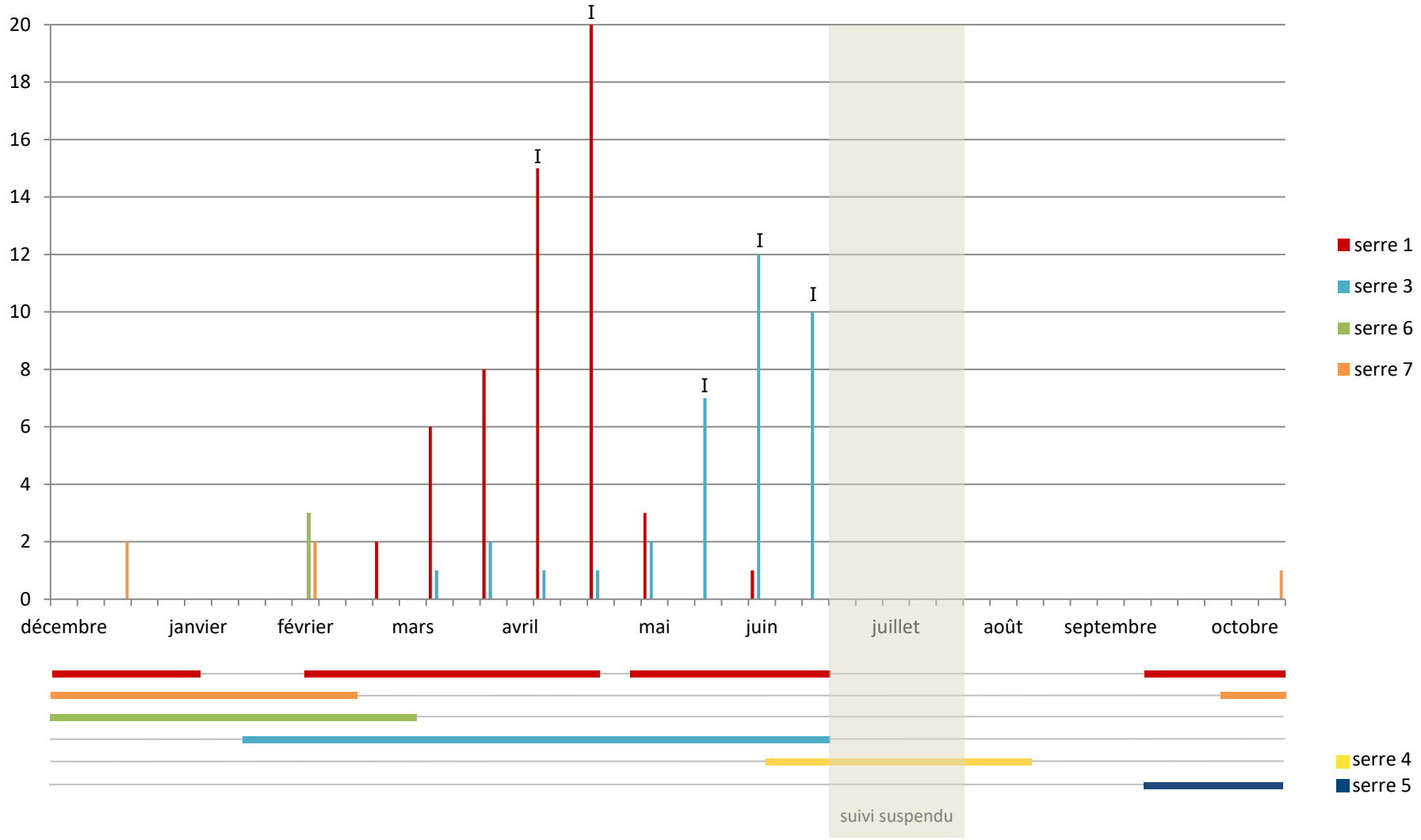


Figure 9 : Nombre de plants de tomate (sur 20 plants observés) hébergeant des cochenilles Pseudococcidae.

I : observation de plants infestés de cochenilles.

▪ En début de suivi les cochenilles étaient peu présentes : elles n'ont été que rarement observées sous les serres 6 et 7, et le premier cycle cultivé sous la serre 1 n'a pas connu d'attaque.

▪ En revanche le deuxième cycle de culture réalisé sous la serre 1 (insect-proof) a été fortement attaqué, les cochenilles s'installant sur un nombre de plants de plus en plus important jusqu'à atteindre le maximum observé (20 plants affectés sur 20 plants observés) en fin de cycle. A ce stade du développement des populations de cochenilles, certains plants étaient totalement infestés, la tige principale étant la partie la plus affectée (en partant de la base) et les feuilles hébergeant des colonies éparses de taille plus modeste.

Photo 18 : Tige d'un plant de tomate infesté de cochenilles Pseudococcidae sp1.

▪ La serre 3 a connu le même développement progressif des populations de cochenilles et a elle aussi fini par être très atteinte, (avec observations de plants infestés) : l'infestation observée sous la serre 1 en mars-avril a été suivie d'une attaque similaire sous la serre 3 en mai-juin.
Le troisième cycle cultivé sous la serre 1 au même moment (mai-juin) n'a été que peu atteint.

▪ Durant la fin du suivi les cochenilles étaient quasiment absentes : un seul individu a été observé sous la serre 7. Les serres 4 et 5, ainsi que le dernier cycle de la serre 1 ne semblent pas avoir été affectés, mais les dates de suivi (suspendu en juillet et arrêté en octobre) ne permettent pas d'être sûr de l'absence de cochenille.
Cependant, l'observation de nombreuses cochenilles pendant la première moitié de l'année et leur absence (ou présence anecdotique) à partir d'août peuvent être liées aux conditions météorologiques, la période pluvieuse étant favorable au développement des cochenilles (et des insectes en général). Il faut également noter que les cochenilles et autres petits insectes peu mobiles, bien que favorisés par un taux d'humidité élevé, sont aussi dérangés par les fortes pluies (lessivage des feuilles) mais que ce facteur limitant leur développement n'a pas d'impact sous serre. La saison des pluies (de décembre 2017 à juillet 2018) a pu être particulièrement favorable aux cochenilles à l'abri sous les serres, tandis que la saison sèche (à partir d'août) les a privé des conditions d'humidité idéales.

<u>Prédateurs et parasitoïdes des cochenilles:</u>

Aucun élevage n'a été entrepris pour mettre en évidence d'éventuels parasitoïdes, et aucun prédateur n'a été observé dans les colonies de cochenilles.

II. 2. 5. Chenilles

A l'exception d'une chenille (d'une espèce indéterminée) présente sur poivron, toutes les chenilles mentionnées ici ont été observées sur tomate. Elles appartiennent à deux familles, celle des sphinx (Sphingidae) et celle des noctuelles (Noctuidae).

Les chenilles ont dû être élevées jusqu'à l'émergence des papillons pour permettre l'identification des espèces dans le cas des noctuelles. Pour les sphinx il a été nécessaire d'obtenir les papillons au début du suivi pour savoir si plusieurs espèces très proches aux stades larvaires étaient présentes, mais ensuite la détermination a pu être faite sur les chenilles ayant atteint le dernier stade larvaire.

L'espèce de sphinx la plus fréquente sur les Solanaceae en Amérique est *Manduca sexta*, appelée sphinx du tabac, et bien connue pour causer des dégâts au feuillage des plants de tomate. Les chenilles peuvent être confondues avec au moins deux autres espèces en Guyane (Frédéric BENELUZ, communication personnelle) mais celles-ci n'ont pas été rencontrées sur la parcelle.
Manduca sexta a été observée sur les plants de tomate aux stades d'œuf et de larve (jeune à mature). Les chrysalides ne sont pas visibles car la nymphose a lieu dans le sol. Les papillons ne sont pas rencontrés non-plus car ils sont nocturnes (les femelles viennent pondre sur les tomates la nuit).

Photo 19 : *Manduca sexta* aux stades œuf (à gauche), jeune chenille (en haut) et chenille mature (en bas).

Les chenilles consomment essentiellement les feuilles des plants de tomate (une seule observation de fruit vert rongé). La défoliation peut passer inaperçue tant que les chenilles sont petites, en revanche lorsque qu'un individu en fin de développement larvaire est présent sur un plant, celui-ci peut être totalement défolié.

Trois espèces de la famille des Noctuidae ont été rencontrées sur la parcelle : *Chrysodeixis includens* (chenille verte), *Spodoptera cosmioides* et *Spodoptera dolichos* (chenilles brunes très variables). Si *Chrysodeixis includens* a pu être facilement identifiée au stade larvaire, les deux espèces du genre *Spodoptera* n'ont pu être différenciées qu'à partir des adultes obtenus d'élevages (identifications réalisées par Bernard LALANNE-CASSOU d'après photos). Les tentatives d'élevage des très jeunes chenilles n'ayant pas abouti (mort rapide des individus), seules les chenilles observées à partir des deuxième ou troisième stades larvaires ont été collectées et élevées.

Photo 20 : *Spodoptera dolichos* adulte (en haut) et larve (en bas).

Photo 21 : *Spodoptera cosmioides* femelle (à gauche) et mâle (à droite).

Photo 22 : Deux types de larves de *Spodoptera cosmioides*.

Les dégâts occasionnés par *Spodoptera* spp. sur des fruits ont été observés à deux reprises (sur des fruits verts), mais le feuillage reste la principale source de nourriture des chenilles.

Photo 23 : Chenille de *Spodoptera* sp. dans un fruit vert.

Photo 24 (de gauche à droite) : Larve, nymphe et adulte de la noctuelle *Chrysodeixis includens*.

Contrairement aux *Spodoptera* spp. qui nymphosent dans le sol, *Chrysodeixis includens* fixe sa chrysalide sous une feuille à l'aide de fils de soie. Les papillons sont parfois visibles sur le feuillage durant la journée si leur émergence vient d'avoir lieu, mais ils sont actifs la nuit.
En fonction des cultures sur lesquelles elles se développent, les chenilles peuvent consommer les fruits mais elles sont principalement défoliatrices et n'ont été observées que sur le feuillage des plants de tomate.

Parmi les chenilles du genre *Spodoptera* qui ont été élevées jusqu'au stade adulte pour permettre l'identification, *S. cosmioides* est largement majoritaire (8 individus sur 9 élevés), l'espèce *S. dolichos* n'étant représentée que par un seul individu. Toutes les chenilles qui n'ont pas été élevées ont été rapportées en tant que *Spodoptera* sp.
Les œufs et larves de sphinx qui n'ont pas été élevés sont considérés comme appartenant à l'espèce *Manduca sexta* puisqu'aucune autre espèce n'a été rencontrée sur la parcelle, mais d'autres espèces peuvent avoir été présentes et être passées inaperçues en raison de leur faible représentation.

L'analyse quantitative qui suit prend en considération trois types de chenilles : le sphinx *Manduca*, la noctuelle *Chrysodeixis* et les noctuelles *Spodoptera*.

Tableau 7 : Proportion d'individus identifiés à l'espèce pour chaque genre de lépidoptères observés sur tomate.

Manduca		***Chrysodeixis***		***Spodoptera***	
Manduca sp.	55 %	*Chysodeixis includens*	100 %	*Spodoptera* sp.	69 %
Manduca sexta	45 %			*Spodoptera cosmioides*	28 %
				Spodoptera dolichos	3 %

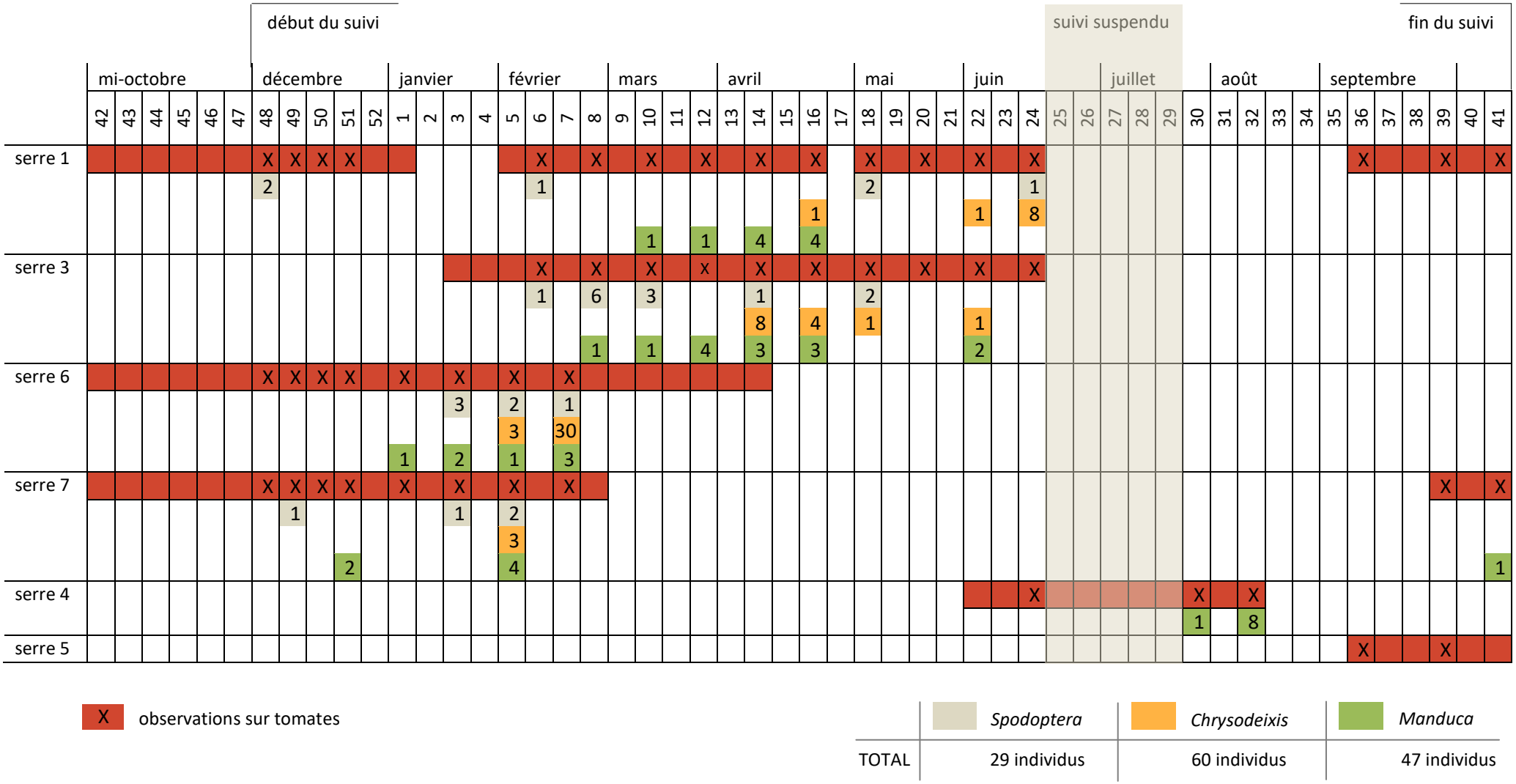


Figure 10 : Présence de chenilles sur les cultures de tomates (nombre d'individus observés sur 20 plants).

▪ Le nombre d'individus reporté dans la Figure 10 peut correspondre à différents stades de développement en fonction du genre considéré. Tous les *Spodoptera* observés sont des chenilles ; les *Chrysodeixis* sont répartis entre chenilles (62 %), chrysalides (37 %) et adulte (1 %) ; les *Manduca* entre chenilles (34 %) et œufs (66%).

▪ Les premières chenilles ont été observées environ 1 mois et demi après les premières plantations de tomate. Elles ont ensuite été présentes tout au long du suivi, malgré les traitement insecticides les visant. Les chenilles ont en effet été ciblées par des traitements au *Bacillus thuringiensis* (appelé Bt, n'agit que sur les larves de lépidoptères), mais ont également pu être affectées par les insecticides à large spectre. De nombreuses chenilles mortes ont notamment été observées sous la serre 1 suite à un traitement insecticide (substance inconnue).

La toile insect-proof de la serre 1 (régulièrement ouverte pour permettre la pollinisation) n'a pas empêché la présence de chenilles mais l'a peut-être amoindri : la comparaison avec la serre 3 sur la période février-juin (41 chenilles observées) montre un nombre de chenilles moins élevé (24 individus). Cependant, il n'est pas possible de savoir si cette différence observée est dûe à l'usage de toile insect-proof ou aux traitements insecticides (réalisés sous les deux serres mais pas en même temps, ni avec les mêmes molécules).

Les traitements effectués début décembre (semaine 49) sous les serres 6 (lambda-cyhalothrine) et 7 (Bt) ont peut être ralenti le développement des chenilles mais n'ont pas permis de les contrôler, en particulier sous la serre 6 où le nombre maximal de chenilles a été enregistré (30 individus observés sur 20 plants).

Photo 25 : Chenille de *Chysodeixis includens* tuée par un traitement insecticide.

<u>Prédateurs et parasitoïdes des chenilles :</u>

Aucun prédateur de chenilles n'a été mis en évidence. Les oiseaux sont fréquents sous les serres (observations des individus eux-mêmes et de fientes révélant leur présence), il est possible que les chenilles et les papillons fassent partie de leur proies.

Les lépidoptères peuvent être parasités aux stades d'œuf, de larve ou de chrysalide. La majorité des individus collectés n'hébergeaient pas de parasitoïde.
- les 9 œufs de *Manduca* collectés ont donné lieu à l'éclosion de 8 chenilles et un œuf est mort sans qu'aucun parasitoïde n'en émerge.
- les 6 chenilles de *Manduca* collectées ont toutes poursuivi leur développement jusqu'au bout.
- 10 des 12 chenilles de *Spodoptera* collectées ont pu se développer et 2 sont mortes (probablement en raison de leur jeune âge au moment de la collecte) sans qu'aucun parasitoïde n'en émerge.
- les 2 chenilles de *Chrysodeixis includens* collectées se sont développées jusqu'au stade adulte.

Seules les chrysalides de *Chrysodeixis includens* (toutes collectées sur tomate) sont parasitées : deux espèces de guêpes Chalcididae ont été obtenues à partir d'élevages. Elles appartiennent probablement aux genres *Brachymeria* pour la plus fréquente, et *Conura* pour la deuxième espèce (un seul spécimen obtenu).

Photo 26 (gauche à droite) : Chalcididae (probables *Brachymeria* sp. et *Conura* sp.) parasitoïdes de *Chysodeixis includens* et chrysalide avec trou de sortie de la guêpe.

Tableau 8 : Élevages de chrysalides de *Chrysodeixis includens* réalisés et parasitoïdes obtenus.

DATE DE COLLECTE	SERRE	PARASITOÏDES OBTENUS	
01/02/2018	7	2 *Brachymeria* sp.	émergés les 14/02 et 17/02
15/02/2018	6	5 *Brachymeria* sp.	émergés entre le 26/02 et le 02/03
15/02/2018	6	1 *Conura* sp.	émergé le 24/02
12/06/2018	1	Ø	

Chaque chrysalide ne contient qu'une guêpe, qui sort de son hôte en y faisant un trou (voir photo 26). L'observation de chrysalides vides montrant des trous de sortie de parasitoïdes renseigne sur la présence de ces derniers. Ainsi, lors de l'échantillonnage réalisé sous la serre 6 le 15 février, les deux chrysalides présentant des trous de sortie de guêpes Chalcididae portent le nombre total de *Chrysodeixis includens* parasités à 8 (sur 30 individus observés sur 20 plants de tomates).

Les serres 6 et 7 n'ont reçu qu'un traitement insecticide contre les chenilles en décembre, les populations de *Chrysodeixis includens* et de ses parasitoïdes ont pu s'établir durant les mois de janvier et février. En plus des individus obtenus des élevages, des Chalcididae ont été observés en vol les 1er (1 individu) et 15 février (2 individus) respectivement sous les serres 6 et 7.

Sous les serres 1 et 3 qui ont probablement reçu des traitements insecticides plus fréquents, les populations de *Chrysodeixis includens* se sont moins développées et aucun parasitoïde (ou chrysalide avec trou de sortie de parasitoïde) n'a été observé, à l'exception d'un Chalcididae (probable *Conura* sp.) mort sur la tige d'un plant de tomate de la serre 1 le 3 avril.

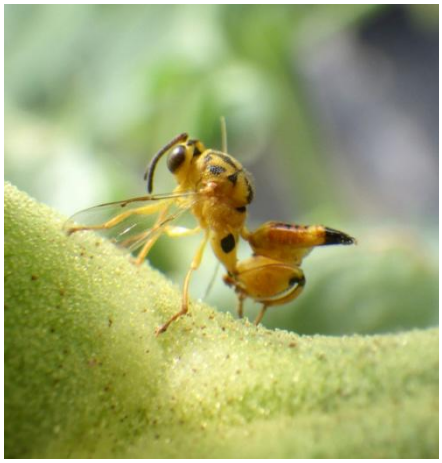


Photo 27 : Chalcididae (probable *Conura* sp.) mort sur un plant de tomate.

II. 2. 6. Punaises

Les punaises *Phthia picta* (famille des Coreidae) ont été observées sur les plants de tomate tout au long de la période de suivi, majoritairement sur le feuillage mais aussi sur les fruits verts et mûrs. Cette espèce est également présente sur d'autres Solanaceae : elle est très rare sur poivron (un seul individu observé), plus fréquente sur les Solanaceae spontanées *Physalis pubescens* (6 individus et une ponte) et *Physalis angulata* (2 individus).
Phthia picta apprécie également les Cucurbitaceae : quelques individus ont été observés sur concombre et courgette. Les concombres peuvent aussi hégerber des pontes (photo 29).

Photo 28 : Punaises *Phthia picta* à trois stades de développement (larve jeune, larve âgée, adulte) sur tomate.

Photo 29 : Oeufs de *Phthia picta* sur concombre.

Les individus juvéniles restent groupés près de leur lieu d'éclosion et paraissent donc localement abondants, mais les individus adultes se dispersent par la suite et sont plus discrets.

Les punaises sont des insectes piqueurs-suceurs, elles n'occasionnent pas de dégâts importants en prélevant la sève des tomates. Les piqûres faites sur les fruits peuvent provoquer un mûrissement irrégulier (DA-SILVA, 2003). Le principal problème phytosanitaire causé par *Phthia picta* est la transmission de micro-organismes pathogènes, notamment le parasite trypanosome *Phytomonas serpens* et un champignon du genre *Nematospora* (MITCHELL, 2004).

D'après la Figure 11, les punaises sont présentes tout au long de la période de suivi et sous toutes les serres (sauf la serre 5, qui n'a fait l'objet que d'un court suivi) mais les populations ne montrent ni schéma de développement particulier, ni croissance inquiétante. Des effectifs importants sont parfois relevés (entre 44 et 68 individus observés lors d'un échantillonnage) : ils correspondent à des pontes (dénombrement des œufs) ou à de récentes éclosions (dénombrement des juvéniles).

<u>Prédateurs et parasitoïdes des punaises :</u>

Aucun prédateur potentiel de punaises n'a été observé.
Des micro-guêpes peuvent parasiter les œufs des punaises, mais aucun élevage n'a été entrepris à partir des 3 pontes observées pour tenter de les mettre en évidence.

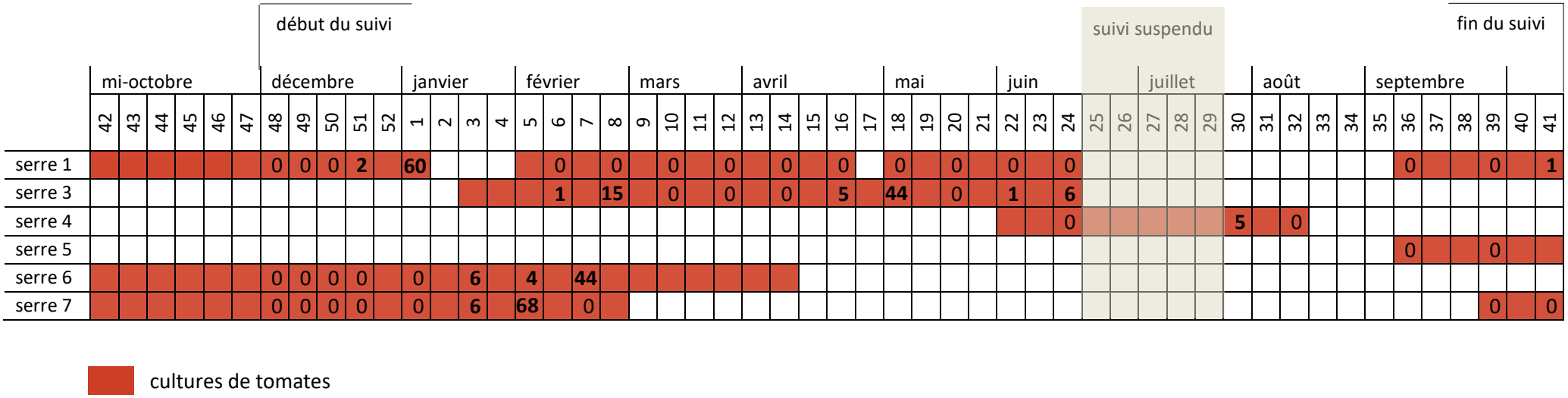


Figure 11 : Présence de punaises *Phthia picta* sur les cultures de tomates (nombre d'individus observés sur 20 plants ; sauf observation ponctuelle semaine 1 sous la serre 1).

II. 2. 7. Acariens

Les poivrons cultivés en plein champ ont été affectés par des acariens tarsonèmes, dont les piqûres répétées provoquent la déformation des feuilles. Les jeunes feuilles restent très petites et sont recroquevillées. Les premiers plants atteints ont été détectés le 23 août, dès le début du suivi de cette culture (les acariens étaient peut-être déjà présents avant cette date). Le nombre de plants attaqués a rapidement augmenté jusqu'à atteindre l'ensemble de la parcelle, en un mois environ.

	juillet	août				septembre					octobre	
semaine	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
					2		6			20		20
suivi suspendu												fin du suivi

Figure 12 : Nombre de plants de poivrons atteints d'acariose déformante (sur 20 plants observés).

Les poivrons cultivés sous serre (un seul cycle réalisé, du 15 mai au 9 août) n'ont pas été atteints. L'état de santé des plants était bien meilleur sous serre qu'en plein champ, ce qui peut expliquer une sensibilité accrue aux attaques d'acariens sur les plants de plein champ.

Quatre plants de tomate de la serre 5 présentaient les symptômes de l'acariose déformante le 6 septembre. Un fertilisant foliaire a été appliqué sous cette serre le 25 septembre (le fait de doucher le feuillage peut limiter les acariens) et un traitement insecticide-acaricide-fongicide a été réalisé le 11 octobre. Il n'est donc pas possible de savoir si la population d'acarien se serait développée sur les tomates autant que sur les poivrons en plein champ, ou si cette observation sur 4 plants n'aurait été que ponctuelle.

Photo 30 : Symptômes de l'acariose déformante sur tomate.

II. 3. INSECTES AUXILIAIRES PRÉSENTS SUR LA PARCELLE

De nombreux insectes auxiliaires et araignées sont présents à l'échelle de la parcelle, sur les cultures comme sur les plantes spontanées. Il n'est pas possible d'établir de lien de prédation (ou de parasitisme) entre un auxiliaire et sa proie (ou hôte) sans l'avoir formellement observé, ainsi la plupart des auxiliaires rencontrés au cours du suivi ne peuvent pas être associés directement aux insectes nuisibles aux Solanaceae abordés dans la partie II. 2. Certains ont tout de même pu l'être et sont rappelés ici.

Tableau 9 : Récapitulatif des auxiliaires associés aux insectes nuisibles observés sur les Solanaceae.

	PRÉDATEURS	PARASITOÏDES
Aleurodes (toutes espèces) [adultes]	araignées	
Aleurodes *Bemisia tabaci* [larves]		Aphelinidae, *Eretmocerus mundus*
Pucerons *Aphis gossypii* [tous stades]	Dolichopodidae Syrphidae, dont *Ocyptamus dimidiatus* Coccinellidae Scymninae [larve]	
Chenilles *Chrysodeixis includens* [nymphes]		Chalcididae, *Brachymeria* sp. Chalcididae, *Conura* sp.

De nombreux autres auxiliaires ont été observés sur diverses plantes, en vol à proximité du plant, posés sur le feuillage, ou se nourrissant dans les fleurs.

Tableau 10 : Guêpes parasitoïdes rencontrées sur la parcelle.

GROUPE TAXONOMIQUE	NOMBRE	PLANTES HÔTES	CIBLES POTENTIELLES
GUÊPES PARASITOÏDES	14		
Chalcididae	6	adventices (dont fleurs de *Ludwigia* sp.)	Lépidoptères principalement (chenilles et chrysalides).
	3	tomate	
	1	basilic	
Braconidae	2	tomate	chenilles, mouches, coléoptères, punaises, pucerons.
	1	poivron	
	1	concombre	

Photo 31 : Guêpe Braconidae sur tomate.

La présence d'un hyménoptère parasitoïde sur une plante donnée n'indique pas nécessairement qu'il y cherche un hôte. Le comportement de cette guêpe Braconidae (sous-famille des Braconinae, identifiée par Yves BRAET d'après photo) est celui d'un insecte au repos.

Tableau 11 : Prédateurs généralistes rencontrés sur la parcelle.

GROUPE TAXONOMIQUE	NOMBRE	PLANTES HÔTES	CIBLES POTENTIELLES
ARAIGNÉES	71		
Araneae indéterminées	29	tomate	TOUS INSECTES Observations : - 1 papillon dans une toile. - 1 membracide capturé par une araignée.
	17	poivron	
	2	adventices (dont *Ludwigia* sp.)	
	1	sorgho	
	1	basilic	
Araneidae *Argiope* sp.	10	concombre	
	4	tomate	
	1	adventice indéterminée	
Theridiidae *Theridula* sp.	3	tomate	
	2	poivron	
Thomisidae	1	tomate	
GUÊPES	57		
Vespidae Polistinae *Polistes* spp. *Polybia* spp.	28	tomate	TOUS INSECTES Observation : - 1 guêpe sur tomate avec proie verte indéterminée (probable chenille de *Manduca* sp. ou de *Chrysodeixis includens*).
	18	concombre	
	4	poivron (dont 2 sur les fleurs)	
	1	sorgho	
	1	*Mimosa pudica*	
	1	*Spermacoce* sp.	
Vespidae indéterminées	1	tomate	
	1	sorgho	
	1	*Mimosa pudica* (fleur)	
	1	*Spermacoce* sp. (fleur)	
LIBELLULES	38		
Anisoptera (libellules)	33	tomate	pucerons, aleurodes, autres petits insectes (mouches, criquets, punaises).
	3	sorgho	
Zygoptera (demoiselles)	1	tomate	
	1	*Mimosa pudica*	
PUNAISES PRÉDATRICES	33		
Miridae, *Macrolophus* sp.	11	tomate	aleurodes, jeunes chenilles.
Reduviidae	22 (œufs)	tomate	TOUS INSECTES

Photo 32 : Araignée *Theridula* sp. (à gauche) et punaise *Macrolophus* sp. (à droite) sur tomate.

Le régime alimentaire d'un insecte n'est pas toujours clairement défini. La famille des punaises Miridae en est l'exemple : elle comprend des espèces phytophages, des espèces prédatrices, et d'autres au régime alimentaire mixte (opportunistes). Les punaises du genre *Macrolophus* sont davantage connues pour leur caractère prédateur et peuvent d'ailleurs être utilisées en lutte biologique contre les aleurodes.

Tableau 11 (suite) : Prédateurs généralistes rencontrés sur la parcelle.

GROUPE TAXONOMIQUE	NOMBRE	PLANTES HÔTES	CIBLES POTENTIELLES
DOLICHOPODIDES	54		
Dolichopodidae (mouches prédatrices)	24	tomate	pucerons, aleurodes, autres petits insectes.
	15	poivron	
	5	*Physalis pubescens*	
	5	*Ludwigia* sp.	
	4	concombre	
	1	melon	
SYRPHES	41		
Toxomerus watsoni	19	*Ludwigia* sp. (dont 10 sur les fleurs)	pucerons, autres petits insectes piqueur-suceurs. Observations : - 1 larve d'*Ocyptamus dimidiatus* dans une colonie d'*Aphis gossypii* sur cocona, - 1 *Ocyptamus* sp. adulte en vol au-dessus d'une colonie de pucerons *Rhopalosiphum maidis* sur sorgho, - 1 œuf dans une colonie d'*Aphis gossypii* sur *Spermacoce* sp.
	3	*Cleome* sp (fleurs)	
	3	*Spermacoce* sp. (fleurs)	
	2	*Marsypianthes chamaedrys* (fleurs)	
Toxomerus dispar	1	*Ludwigia* sp. (fleur)	
Toxomerus difficilis	1	concombre	
Toxomerus sp.	1	*Mimosa pudica*	
Ocyptamus dimidiatus	1	concombre	
	1 (larve)	cocona (*Solanum sessiliflorum*)	
	1 (larve)	sorgho	
Ocyptamus sp.	1	sorgho	
Dioprosopa clavata	1	*Spermacoce* sp. (fleur)	
Syrphidae indéterminées	4 (œufs)	concombre	
	1 (œuf)	*Spermacoce* sp.	
	1 (larve)	concombre	
COCCINELLES	23		
Coccinellidae, Scymninae indéterminées	7	poivron	pucerons Observations : - 3 larves de Scymninae consomment les pucerons *Aphis gossypii* sur poivron.
	3 (larves)		
	3	sorgho	
Cycloneda sanguinea	3	concombre	
	1	tomate	
	1	poivron	
Hyperaspis festiva	4	poivron	
Coleomegilla maculata	1	poivron	
CHRYSOPES	94		
Chrysopidae	4 (larves)	tomate	pucerons, cochenilles, aleurodes, jeunes chenilles, œufs d'insectes.
	2 (larves)	poivron	
	1 (larve)	aubergine (porte-greffe tomate)	
	1 (larve)	concombre	
	84 (œufs)	tomate	
	1 (œuf)	poivron	
	1 (œuf)	concombre	

Photo 33 : Syrphe *Toxomerus watsoni* dans une inflorescence de *Spermacoce* sp. (à gauche) et ponte de chrysope sur tomate (à droite).

Les pontes de chrysopes sont très variables en terme de nombre d'œufs : les œufs isolés sont rares ; les petites pontes (de 2 à 10 œufs) sont les plus fréquentes (7 observations) ; les plus grosses pontes observées comptaient 29 et 32 œufs.

Même si l'acte de prédation n'est pas observé directement, certaines relations proies-prédateurs peuvent être déduites du contexte et appuyées par la bibliographie. Par exemple, deux larves de chrysopes ont été observées en déplacement dans des colonies de pucerons *Aphis gossypii* (sur un porte-greffe de tomate et sur poivron), et trois coccinelles *Cycloneda sanguinea* adultes se trouvaient sur le feuillage de plants de concombres infestés de ces mêmes pucerons.

Les libellules pratiquent l'affût et chassent en interceptant leurs proies en vol, ce qui est difficile à observer. Fréquentes sous les serres, elles ont pu profiter des pullulations d'aleurodes et de mouches mineuses pour se nourrir des individus adultes (les petits insectes volants font partie de leurs proies connues).

Un nid de guêpes prédatrices de la famille des Vespidae a été observé sous une serre de tomate. Le tunnel offre un abri pour la colonie, mais les guêpes s'établissent également près d'une source de nourriture. Ayant été fréquemment observées en vol sous les serres de tomates, il est probable qu'elles y aient trouvé des proies pour nourrir leurs larves, notamment sous forme de chenilles.

Lors de certaines visites, des cadavres d'insectes ont été observés en assez grand nombre sur les cultures, ce qui peut évoquer le résultat d'un traitement insecticide récent (non confirmé pour les dates en question). Des auxiliaires étaient représentés parmi ces cadavres : une guêpe Chalcididae, une mouche dolichopodide et une araignée *Argiope* sp. sur tomate, et une araignée indéterminée sur poivron.

Tableau 12 : Insectes pollinisateurs rencontrés sur la parcelle.

GROUPE TAXONOMIQUE	NOMBRE	PLANTES HÔTES
MÉLIPONES	46	
Apidae, Apinae, Meliponini	12	tomate
	16	poivron
	8	basilic
	6	melon
	3	concombre
	1	*Cleome* sp.
ABEILLES DOMESTIQUES	13	
Apidae, Apinae, Apini, *Apis mellifera*	10	concombre
	1	melon
	1	*Cleome* sp.
	1	tomate
ABEILLES CHARPENTIÈRES	3	
Apidae, Apinae, Xylocopini	2	melon
	1	tomate
ABEILLES SOLITAIRES	1	
Halictidae	1	*Ludwigia* sp.

A l'exception de 4 individus observés en vol, toutes les abeilles citées dans le Tableau 12 ont été vues en train de visiter des fleurs.

Les mélipones sont ici traitées comme faisant partie d'une même entité, mais c'est un groupe très diversifié. Sur la parcelle, au moins trois types sont fréquents, dont des *Trigona* sp., mélipones noires connues pour couper les fleurs de tomates. Elles ne semblent pas avoir causé de dégâts importants, et ont peut-être assuré une fonction pollinisatrice.
Même si le vent peut permettre la pollinisation des tomates, les vibrations occasionnées par les visites des bourdons et de certaines abeilles sont très efficaces. Les abeilles domestiques *Apis mellifera* ne peuvent pas assurer la pollinisation des fleurs de tomates, mais certaines mélipones et les xylocopes le peuvent (CAMPOS-OLIVEIRA, 2015).
D'après les observations réalisées au cours du suivi, les mélipones sont les plus fréquentes dans les fleurs de tomates, alors que les abeilles mélifères visitent davantage les fleurs de concombre.

Photo 34 : Fleur de tomate endommagée par une mélipone du genre *Trigona*.

III. COMPARAISON ENTRE PLANTS DE TOMATE GREFFÉS ET NON-GREFFÉS

La méthode adoptée à l'échelle de l'exploitation a été de cultiver des plants de tomate non-greffés hors-sol sous la serre 1, et des plants greffés en pleine terre sous toutes les autres serres. Il semble donc délicat de comparer les modalités « greffé » et « non-greffé » sans considérer les autres facteurs (hors-sol ou pleine terre, sous insect-proof ou non).

Seuls les premiers cycles réalisés sous les serres 6 et 7 permettent de comparer les deux modalités pour leur attractivité vis-à-vis des insectes, puisque les mêmes conduites de culture (conventionnelle sous la serre 6, « sans traitement » sous la serre 7) ont été appliquées à la fois à des plants greffés et non-greffés (voir plan des serres, Figure 2. b)).
Un échantillonnage portant sur 10 plants de chaque type, sous chacune des serres, a été réalisé du 1er décembre 2017 au 1er février 2018, sur un total de 140 plants greffés et 140 plants non-greffés.

Dans le tableau ci-dessous la colonne « chenilles » prend en compte les plants sur lesquels des individus ont été observés (tous stades de développement confondus), ainsi que les plants révelant leur présence. Les dégâts imputables aux chenilles et les fécès laissés sur le feuillage sont en effet reconnaissables.

Tableau 13 : Nombre de plants de tomate affectés par les différents insectes nuisibles.

	mouches mineuses	aleurodes	pucerons	cochenilles	chenilles	punaises
plants GREFFÉS	64	11	21	2	19	12
plants NON-GREFFÉS	68	11	0	4	17	24

Les pucerons ne sont présents que sur les plants greffés. C'est l'aubergine utilisée en porte greffe qui semble les attirer. En effet, lorsqu'ils sont observés sur un plant, ils sont plus nombreux sur les feuilles du porte-greffe que sur celles du greffon.

Les punaises sont deux fois plus nombreuses sur les plants non-greffés, mais rien ne semble expliquer cette préférence. Elles ont par ailleurs été observées sur 19 plants greffés des serres 3 et 4 et 5 plants non-greffés de la serre 1, ce qui porte le total des observations (bien que d'autres facteurs puissent influencer les chiffres obtenus) à 29 plants non-greffés et 31 plants greffés. Il est donc probable que la différence observée en ne considérant que les serres 6 et 7 (Tableau 13) soit dûe au hasard.

Les mouches mineuses, chenilles et aleurodes ne sont pas plus fréquents sur un type de plants ou sur l'autre. Le cas des cochenilles est difficile à interpréter en raison du très petit nombre d'observations.

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

IV. 1. VISITE D'EXPERT ET CONSEILS PROPHYLACTIQUES

Pierre-Damien LUCAS, ingénieur agronome de la Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles (FREDON) de la Martinique, a été missionné par le porteur du projet pour apporter son expertise en matière de **Protection Biologique Intégrée (PBI)**. Suite aux visites organisées sur le littoral guyanais du 16 au 20 octobre 2017 et grâce à l'expérience acquise à la Martinique, Pierre-Damien LUCAS a mis ses connaissances sur la gestion des organismes nuisibles à la disposition du porteur de projet (et chef d'exploitation) avant le démarrage des activités sur la parcelle. Ainsi, des conseils techniques, principalement axés sur la prophylaxie, ont été dispensés en amont de la mise en place des cultures.
Le Mémento de la Protection des cultures en Martinique (document évolutif élaboré et complété régulièrement par la FREDON) comporte de nombreuses fiches techniques qui peuvent aider les maraîchers dans l'organisation de leur travail, et qui rappelleront aux porteurs du projet Itinéraire Technique Intégré sur Solanacées les conseils donnés par Pierre-Damien LUCAS pour la gestion des organismes nuisibles.

La PBI s'appuie sur quatre axes principaux, qui vont être résumés ici.

1°) La prophylaxie doit permettre l'arrivée la plus tardive possible des nuisibles sur les cultures. Leur gestion doit ensuite être rigoureuse pour limiter le développement des populations (taille et élimination des parties de plantes affectées, traitements ciblés précoces). Enfin, la gestion des déchets de culture par l'élimination rapide et systématique des plants âgés, infestés ou malades, doit empêcher la dispersion des organismes nuisibles et la continuité de leur cycle biologique.

Voici les mesures prophylactiques essentielles à mettre en œuvre :

◦ Réfléchir à l'aménagement de la parcelle par rapport : au sens du vent dominant, aux distances que les organismes nuisibles peuvent parcourir, aux obstacles physiques (comme les haies) qu'ils peuvent franchir ou non, à l'accès plus ou moins facile de l'agriculteur aux cultures qui demandent plus ou moins de soins et de surveillance (cultiver les plantes les plus fragiles près de l'entrée de la parcelle, les plus robustes au fond de la parcelle).

◦ Réfléchir à l'assolement, aux successions et rotations culturales qui favorisent ou non l'implantation durable des nuisibles, à la diversification des cultures pouvant induire la confusion chimique vis-à-vis des insectes nuisibles.

◦ Préparer au mieux le sol et les plants pour optimiser l'état de santé et la vigueur des cultures, les plantes ayant des défenses naturelles contre les nuisibles qu'il convient de favoriser, notamment par l'apport d'une fertilisation et d'une irrigation adaptée.

◦ Être vigilant au bon état des jeunes plants en pépinière afin de démarrer un cycle de culture avec des plantes saines (moins sensibles aux nuisibles).

◦ Surveiller régulièrement les cultures afin de détecter les organismes nuisibles dès leur apparition (détection précoce) et de pouvoir agir avant que les populations ne se développent (une action ciblée et de faible ampleur étant alors suffisante).

◦ Réduire autant que possible les agressions causées aux plantes par les produits phytosanitaires, ceux-ci affaiblissant les défenses naturelles des plantes et éliminant les bactéries, champignons et insectes utiles (régulateurs des bactéries, champignons et insectes nuisibles).

◦ Éviter propagation des nuisibles et des maladies par le matériel, les déchets de cultures, et les personnes travaillant sur la parcelle.

◦ Éliminer tout organisme nuisible sur une sous-parcelle donnée avant la mise en place de la culture suivante pour empêcher la continuité du cycle du nuisible : par l'exportation et l'élimination des déchets de la culture précedente, par l'absence de culture (vide sanitaire), par l'utilisation d'une culture assainissante ou par la solarisation, en fonction des cas.

◦ Éliminer les plantes spontanées potentiellement hôtes d'organismes nuisibles par le désherbage (manuel, mécanique, thermique, animal) aux abords immédiats des cultures en priorité, puis en agrandissant la zone désherbée par cercles concentriques.

◦ **Adopter la pratique du « moins mais mieux »** : moins de surface cultivée mais mieux surveillée, moins de surface désherbée mais mieux maîtrisée, moins de traitements réalisés mais mieux ciblés, quitte à obtenir une production moindre en quantité mais de meilleure qualité.

Ce dernier conseil est primordial, et particulièrement important pour les agriculteurs débutants ou s'installant sur une parcelle qu'ils ne connaissent pas encore.
Le travail est d'autant plus agréable et efficace que les cultures sont saines et vigoureuses, la motivation de l'agriculteur est augmentée, et l'accroissement des surfaces cultivées et des quantités produites viendra dans un second temps.
La dynamique inverse qui consiste à débuter sur de grandes surfaces que l'agriculteur ne parvient pas à maîtriser par manque de temps ou de main d'oeuvre, où les organismes nuisibles s'installent durablement et où la production valorisable est finallement minime par rapport à l'énergie investie peut mener au découragement de l'agriculteur et à l'abandon de la parcelle.

2°) Le suivi et la connaissance des organismes nuisibles, notamment des différents stades de développement des insectes, de la durée de leurs cycles biologiques, permettent d'adapter les techniques de contrôle et de choisir le bon moment pour les appliquer. La reconnaissance d'un insecte ou des symptômes d'une maladie permet d'éviter des traitements inutiles (antifongique en cas de carence par exemple). L'acquisition de connaissances sur les organismes nuisibles passe principalement par l'observation, l'attention et le temps qui y est consacré.

3°) La lutte biologique, innondative ou de conservation, consiste à augmenter le nombre d'auxiliaires sur la parcelle et idéalement de les y maintenir.

◦ La méthode innondative est basée sur des lâchers d'auxiliaires (insectes ou acariens) multipliés massivement en élevage. En général les auxiliaires ne se maintiennent pas et il convient de répéter l'opération plusieurs fois, le calendrier des lâchers devant être défini en fonction de la phénologie de la culture considérée et du cycle de l'insecte nuisible visé. Cette technique suppose donc un haut niveau de maîtrise du système de culture et de connaissance des interactions plante-nuisible-auxilaire (et ce, pour chaque nuisible).

◦ La lutte biologique par conservation consiste à faire de la parcelle un milieu favorable aux auxiliaires déjà présents (insectes prédateurs et parasitoïdes, araignées, oiseaux et chauves-souris insectivores, amphibiens). Concernant les insectes et araignées, la présence d'une végétation pérenne ou semi-pérenne non perturbée (sous forme de bosquets ou de haies) est essentielle car elle fournit des abris et des sites de ponte. L'offre de nectar et de pollen comme nourriture alternative pour certains auxiliaires (coccinelles adultes, réduves), indispensable pour d'autres (syrphes et guêpes parasitoïdes adultes), peut être assurée par les plantes adventices. Ces dernières poussent spontanément, sont adaptées et diversifiées (sauf sur certains sols ou en cas de désherbage sélectif). La flore spontanée peut être enrichie de plantes à fleurs produisant beaucoup de nectar ou présentant des caractéristiques spécifiques (attractives pour des insectes utiles ou répulsives pour des organismes nuisibles). Le maintien ou la création de zones enherbées et de haies sont donc vivement conseillés pour renforcer les populations d'auxiliaires sur les parcelles cultivées.

4°) Les méthodes de lutte alternatives aux pesticides de synthèse sont celles qui utilisent des molécules d'origine naturelle (produits de biocontrôle, Préparations Naturelles Peu Préoccupantes), copient des molécules naturelles (pièges à phéromones), ou s'appuient sur des dispositifs mécaniques (filets de protection, pièges jaunes englués).

◦ Bien qu'ils soient d'origine naturelle, les produits de biocontrôle et les PNPP ne sont pas pour autant sans effet sur l'applicateur, les micro-organismes du sol, les organismes aquatiques, les pollinisateurs et les équilibres biologiques. Il convient donc de ne les utiliser que ponctuellement, en dernier recours et avec précaution, et non en simple remplacement des produits phytosanitaires conventionnels en usage régulier. Les insecticides d'origine naturelle ne sont pas toujours spécifiques et tuent donc les auxiliaires (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs). Leur utilisation répétée favorise l'apparition de phénomènes de résistance : c'est le cas des formulations à base de *Bacillus thuriengiensis* (BAUER, 1995 ; SIEGWART, 2015) et du Spinosad entres autres (SIEGWART, 2015).

◦ Les phéromones sont spécifiques d'un insecte nuisible donné et doivent donc avoir été développées pour répondre à une problématique précise. Il existe très peu de phéromones adaptées aux insectes nuisibles rencontrés en Guyane, et celles qui sont développées par les pays sud-américains pour des insectes de la région néotropicale ne sont pas autorisées sur le territoire français pour le piégeage de masse (uniquement pour des suivis de surveillance).

◦ Les filets et pièges jaunes englués sont principalement conseillés pour la protection des jeunes plants en pépinière. Les pièges jaunes permettent la détection des insectes nuisibles en milieu protégé (pépinière insect-proof) mais ne constituent pas un moyen de lutte efficace (de type piégeage de masse) sous des abris ouverts ou en plein champ. Les filets sont une barrière physique

efficace mais ils ne peuvent pas être utilisés continuellement dans la mesure où de nombreuses cultures maraîchères ont besoin d'être visitées par des insectes pollinisateurs.

Toutes ces actions ne peuvent évidemment pas être menées de manière continue, sur toutes les cultures, et ne doivent en aucun cas être systématisées ou perçues comme des obligations. C'est une combinaison de techniques choisies par les agriculteurs en fonction des cultures, des surfaces, des contraintes de la parcelle, des moyens humains et matériels disponibles, qui doit être mise en œuvre. Les différentes méthodes qui viennent d'être citées doivent faire l'objet d'une priorisation, d'adaptations au contexte spécifique d'une parcelle donnée et évoluer avec les nouvelles cultures mises en place, les changements de pratiques de l'agriculteur, et les modifications observées sur la flore, l'entomofaune et les micro-organismes à moyen et long terme.

IV. 2. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES SUR LA PARCELLE SUIVIE

IV. 2. 1. La succession culturale Solanaceae - Solanaceae et la proximité entre les serres

Des Solanaceae ont été cultivées continuellement pendant toute la durée du suivi, du 1er décembre 2017 au 11 octobre 2018 (voir Tableau 2). A l'exception d'une date de visite (le 23 août), les tomates ont toujours été présentes. Les derniers plants (sous la serre 4) ont été arrachés peu avant le 23 août et une nouvelle culture à été mise en place dès le 30 (sous la serre 5), ce qui représente une coupure d'à peine 2 semaines dans la continuité des cultures de tomate (coupure dutrant laquelle des poivrons étaient tout de même présents).

Les serres étant regroupées (alignées) au même endroit de la parcelle et n'étant séparées que d'un espace de 2m (sans barrière physique), les serres 1 à 6 peuvent être considérées comme une zone cultivée d'un seul tenant.
Les insectes nuisibles observés sont tous capables de se déplacer d'une serre à une autre, soit grâce aux capacités de vol d'un individu (mouches mineuses, punaises, papillons), soit par de petits déplacements successifs de plusieurs individus sur plusieurs générations (aleurodes adultes, pucerons ailés et cochenilles ailées). Chez les petits insectes aux faibles capacités de vol, les cycles de reproduction sont très courts, et bien que les individus au stade ailé ne parcourent en général que de courtes distances, une population peut très vite s'étendre.
De plus, les courants d'air favorisent la dispersion de ces petits insectes, et les distances qu'ils sont capables de parcourir sont souvent sous-estimées. Plusieurs études basées sur le marquage d'individus ont notamment démontré qu'un aleurode *Bemisia tabaci* peut être retrouvé à plus de 2 km de son point de départ le lendemain de son lâcher, et même à 7 km après 6 jours (NARANJO, 2010).

Sur la parcelle suivie, les insectes nuisibles aux cultures de tomate ont pu s'installer, se maintenir et se multiplier grâce à la **continuité temporelle des cultures et spatiale des serres** : ils ont toujours pu trouver des plantes hôtes à proximité, et régulièrement renouvelées. Dans ce contexte, le stade d'infestation est rapidement atteint.

Ce phénomène a été particulièrement évident dans le cas de l'aleurode *Bemisia tabaci*, comme le montre le cas des serres 3 et 4 durant la période avril-juin.

Tableau 14 : Chronologie de l'infestation de deux serres de tomates adjacentes par les aleurodes.

DATE	POPULATION D'ALEURODES	SERRE 3	SERRE 4
3 avril	arrivée	détection des premiers aleurodes	[vide]
16 avril	établissement	moitié des plants* atteints	[vide]
30 avril	infestation	totalité des plants* atteints	[vide]
28 mai	infestation	totalité des plants* atteints	repiquage des jeunes plants récent
12 juin	infestation	totalité des plants* atteints	totalité des plants* atteints

*sur 20 plants observés.

La population d'aleurodes a bénéficié des conditions idéales pour poursuivre son développement, en trouvant à proximité immédiate (serres adjacentes) des plants de tomate jeunes et pour prendre le relai des plants âgés. Ces jeunes plants constituent des hôtes de choix puisqu'il s'agit de la même culture (comptant parmi les plus attractives pour l'aleurode) et de plants vigoureux offrant des tissus jeunes (riches en sève dont l'aleurode se nourrit).

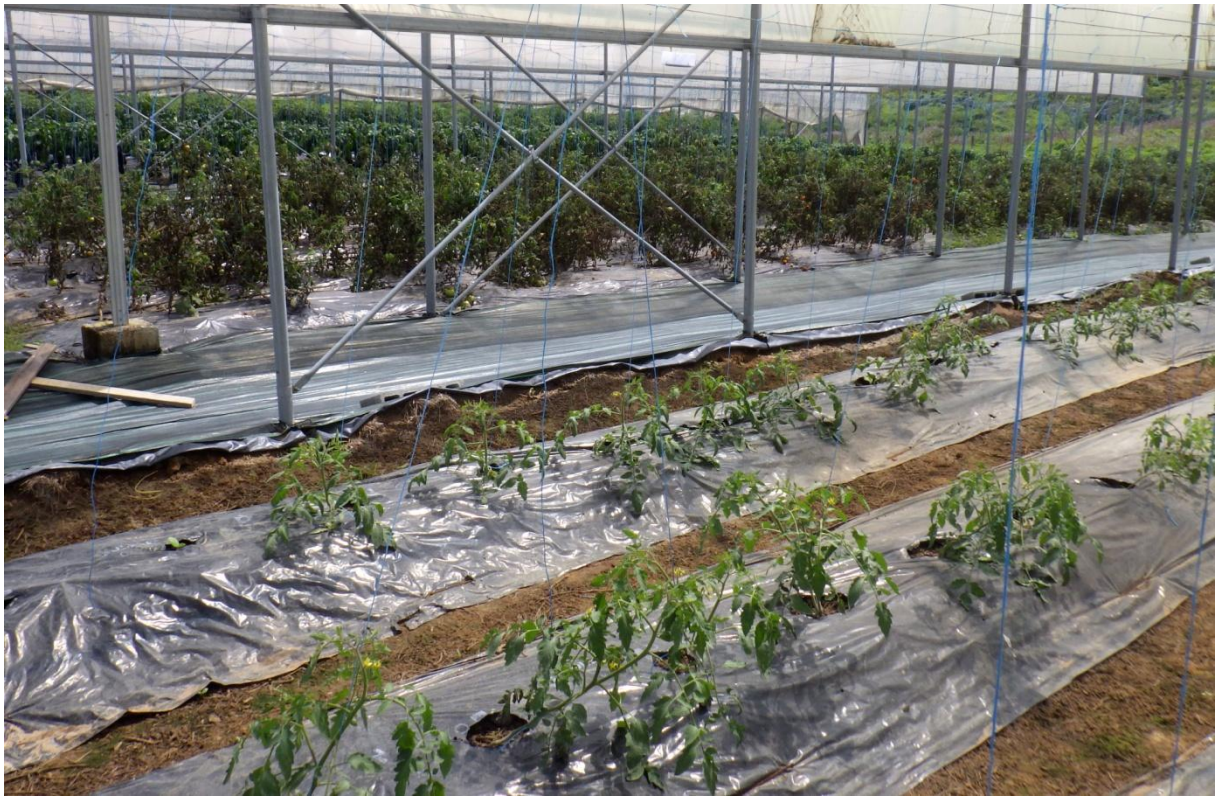


Photo 35 : Proximité (serres adjacentes) entre plants de tomates jeunes et plants de tomates âgés infestés d'aleurodes.

IV. 2. 2. La succession culturale Solanaceae - Cucurbitaceae

Il est conseillé d'alterner les familles botaniques pour empêcher les populations d'organismes nuisibles de se maintenir sur leur plante hôte, en supprimant temporairement celle-ci de la parcelle. Ceci est valable pour les insectes comme pour les micro-organismes pathogènes.

Certains insectes sont monophages (une seule plante consommée), d'autres sont oligophages (quelques plantes consommées, souvent de familles proches) voire polyphages (grand nombre de plantes consommées).
Concernant les cultures maraîchères, il est fréquent d'observer des insectes nuisibles à la fois aux Solanaceae et aux Cucurbitaceae. Ainsi, sur la parcelle suivie, certains insectes ont pu se développer sur plusieurs plantes de ces deux familles :

◦ Les aleurodes *Bemisia tabaci* ont infesté les tomates, les concombres et les melons.
◦ Les mouches mineuses *Liriomyza sativae* ont infesté les tomates et les concombres.
◦ Les pucerons *Aphis gossypii* ont infesté les concombres et les melons, et ont affecté les poivrons (dans une moindre mesure les tomates et leurs porte-greffes).

A l'exception d'un billon de carotte et d'un billon de ciboule sous une serre et sur une période trois mois, toutes les plantes cutivées pendant le suivi appartiennent aux familles des Solanaceae ou des Cucurbitaceae (voir Tableau 2).
Vis-à-vis des trois insectes nuisibles qui viennent d'être cités (et qui comptent parmi les plus problématiques), **cette succession culturale ne constitue pas de véritable alternance** et permet la continuité des cycles des nuisibles sur tomate et concombre.

Photo 36 : Feuilles de concombres infestées respectivement de larves de mouches mineuses (à gauche) et d'aleurodes *Bemisia tabaci* (à droite).

De plus, ces deux familles botaniques partagent des virus et des bactéries pathogènes. La tomate et le concombre peuvent notamment héberger la même bactérie responsable du flétrissement, *Ralstonia solanacearum* (DEBERDT, 2014).

IV. 2. 3. Les insectes nuisibles présents sous la pépinière

La pépinière n'a pas été suivie rigoureusement, des observations ponctuelles ont néanmoins révélé la présence d'insectes nuisibles sur les jeunes plants en godets ou en plaques de semis.

◦ Les pucerons *Aphis gossypii* ont été observés dès le mois de décembre 2017, en colonies denses, sur les aubergines utilisées en porte-greffes pour les plants de tomate. Ils étaient toujours nombreux sur cette plante hôte ainsi que sur poivron le 12 juin, et seulement observés sur un jeune plant d'aubergine (une petite colonie) le 11 octobre.

◦ Les aleurodes *Bemisia tabaci* ont été observés régulièrement dans la pépinière à partir du 12 juin sur les aubergines, puis tout au long des mois d'août, septembre et jusqu'en octobre sur aubergine,

tomate et Cucurbitaceae. Les adultes et larves étaient particulièrement nombreux sur les jeunes plants d'aubergine le 11 octobre.

◦ Une seule mouche mineuse (adulte) a été observée sur un jeune plant de concombre le 23 avril. Aucun dégât causé par cet insecte (galleries creusées par les larves) n'a été mis en évidence dans la pépinière, mais la présence d'un individu adulte suggère que des œufs peuvent avoir été pondus sur les plants avant leur mise en culture sous les serres.

La pépinière est un tunnel situé sous le vent par rapport aux serres. Elle n'a été protégée qu'à partir de juillet, par deux toiles insect-proof tendues perpendiculairement au vent sur les longueurs du tunnel qui reste tout de même ouvert aux deux extrémités.
De décembre 2017 à juin 2018, aucun obstacle n'a empêché les insectes se développant sur les cultures d'arriver, en volant ou par le vent, sur les jeunes plants situés dans la pépinière. Les quantités importantes d'aleurodes observés d'août à octobre suggèrent que la fermeture partielle de la pépinière n'est pas suffisante pour garantir la protection des jeunes plants.

L'ensemble de la parcelle peut alors être affectée puisque **les jeunes plants sont des porteurs potentiels d'insectes nuisibles** (aux stades d'œuf ou de larve difficiles à détecter) avant même leur introduction sous les serres.

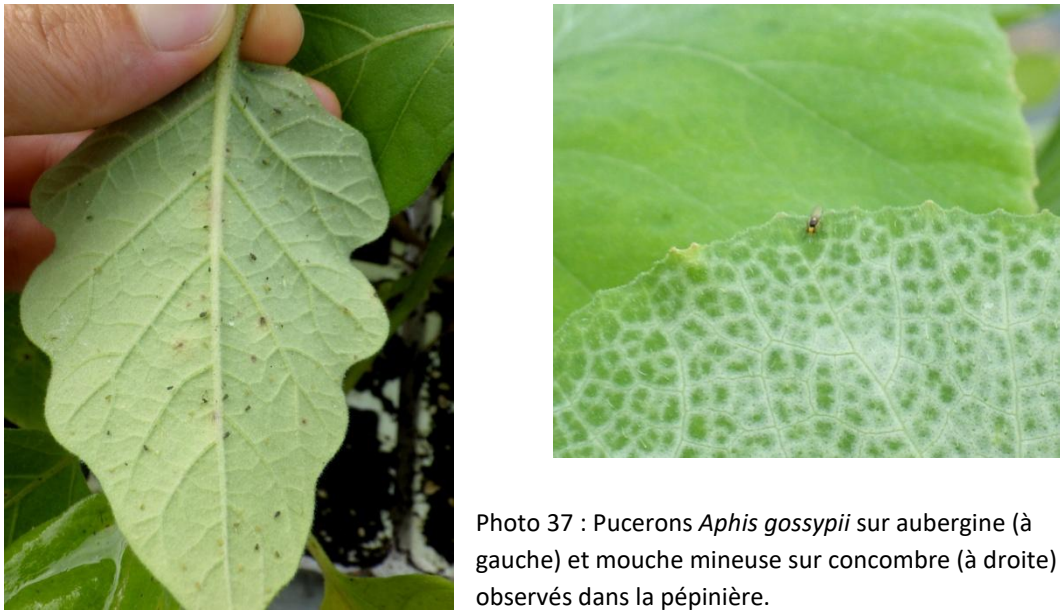


Photo 37 : Pucerons *Aphis gossypii* sur aubergine (à gauche) et mouche mineuse sur concombre (à droite) observés dans la pépinière.

IV. 3. RECOMMANDATIONS FINALES

Au regard des conseils prophylactiques donnés par Pierre-Damien LUCAS et des observations réalisées sur la parcelle, les principales améliorations à apporter dans le but de réduire les populations d'insectes nuisibles sur les cultures sont :

▪ Augmenter la diversité des cultures par des rotations incluant d'autres familles botaniques que les Solanaceae et les Cucurbitaceae. Les Brassicaceae (famille des choux) sont notamment intéressantes car les insectes nuisibles qui y sont associés sont différents de ceux rencontrés sur les Solanaceae (conseil de Pierre-Damien LUCAS). Les laitues (Asteraceae), épinards-pays (Basellaceae), et haricots (Fabaceae) sont d'autres exemples de cultures maraîchères qu'il est possible d'inclure dans les rotations.

▪ Augmenter la diversité et protéger les cultures par des associations végétales utiles, en particulier pour la tomate. Par exemple, la présence de coriandre dans les cultures de tomate réduit l'incidence de l'aleurode *Bemisia tabaci* (TOGNI, 2009). Concernant les organismes nuisibles non-insectes, les œillets d'Inde *Tagetes* spp. et la ciboule plantés dans les rangs de tomates limitent respectivement les nématodes et la bactérie *Ralstonia solanacearum*.

▪ Augmenter la diversité et protéger physiquement les cultures par l'implantation de haies, l'idéal étant de créer des séparations entre les serres. L'espace disponble de 2m est trop restreint et ne permet pas ici d'inclure des haies, mais à l'avenir ce paramètre devrait être considéré pour le choix du lieu d'implantation de futures serres : distantes les unes des autres, bordées de haies et séparées par des cultures de plein champ de familles botaniques différentes.

▪ Garantir le bon état sanitaire des plants à leur arrivée sous les serres par une protection intégrale de la pépinière (toile insect-proof et idéalement, sas d'entrée) et par une surveillance accrue des jeunes plants (détection précoce des insectes nuisibles, notamment à l'aide de pièges jaunes englués).

▪ Réduire les usages d'insecticides au minimum nécessaire pour permettre aux populations d'insectes auxiliaires et d'araignées de s'installer durablement sur la parcelle et de s'y développer. En ayant moins de serres en culture simultanément, il serait possible de consacrer plus de temps à la surveillance des plants, de détecter précocément l'arrivée des insectes nuisibles et de les éliminer avant qu'ils ne se multiplient, évitant ainsi un traitement généralisé de la serre.

REMERCIEMENTS

Merci à Gilles et à Gaël pour leur accueil sur l'exploitation Les Moringas.

Merci à Pierre-Damien LUCAS pour les précieuses informations sur la PBI transmises au cours du mois d'octobre 2017 lors de sa visite en Guyane, et pour tous les conseils en entomologie et échanges professionnels réalisés depuis 2012.

Merci pour les identifications taxonomiques réalisées d'après les spécimens analysés ou d'après photos à : Eddy DUMBARDON-MARTIAL pour la syrphe *Toxomerus difficilis*, Yves BRAET pour les guêpes Braconidae, Frédéric BENELUZ pour les Lépidoptères Sphingidae, Bernard LALANNE-CASSOU pour les Lépidoptères Noctuidae, Jean-François GERMAIN pour les cochenilles Pseudococcidae, et Andrew POLASZEK pour les micro-guêpes Aphelinidae.

Merci aux services de l'Agence nationale de sécurité de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), et du Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP) de Montpellier pour les analyses taxonomiques réalisées sur les cochenilles Pseudococcidae et les mouches Agromyzidae.

Merci à l'Organisme de Veille Sanitaire (OVS) de Guyane pour la transmission d'échantillons, ainsi qu'au Service de l'Alimentation de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de Guyane pour le partage de données bibliographiques.

BAUER L. S. (1995). Resistance : a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Florida Entomologist 78(3), September, 1995.

CAMPOS-OLIVEIRA L. A., GAGLIANONE M. C. (2015). Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro. Rio de Janeiro, Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio, 2015, 48 p..

CARDOSO-DA-COSTA-LIMA T., MEDONÇA-DAS-CHAGAS M. C., POSTALI-PARRA J. R. (2014). Temperature-dependant development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Journal of Insect Science 14 (245) : 2014.

DA-SILVA R. A., CARVALHO G. S., FLORES P. S. (2003). Morfologia external dos adltos de *Phthia picta* (Drury, 1770) (Hemiptera, Coreidae). Boletín de Sanidad Vegeta - Plagas, 29 : 249-253, 2003.

DEBERDT P., GUYOT J., CORANSON-BEAUDU R., LAUNAY J., NORESKAL M., RIVIÈRE P., VIGNÉ F., LAPLACE D., LEBRETON L., WICKER E. (2014). Diversity of *Ralstonia solanacearum* in French Guiana expands knowledge of the « emerging ecotype ». Phytopathology, Vol. 104, No. 6, 2014.

DEGUINE J.-P., LECLANT F. (1997). *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Montpellier : CIRAD-CA, 113 p. (Déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde, 11).

GHANIM M., CZOSNEK H. (2000). Tomato Yellow Leaf Curl Geminivirus (TYLCV-Is) is transmitted among whiteflies (*Bemisia tabaci*) in a sex-related manner. Journal of Virology, May 2000, p. 4738-4745.

GIORGI J. A., VANDENBERG N. J., McHUGH J. V., FORRESTER J. A., ŚLIPŃSKI S. A., MILLER K. B., SHAPIRO L. R., WHITING M. F. (2009). The evolution of food preferences in Coccinellidae. Biological control 51 (2009) 215-231.

JONES V. P., PARRELLA M. P. (1986). The movement and dispersal of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in a chrysanthemum greehouse. Association of Applied Biologists (1986), 109, 33-39.

LETT J.-M., DE-BRUYN A., HOAREAU M., OUATTARA A., CLAVERIE S., DALMON A., LAPLACE D., LEFEUVRE P., HOSTACHY B . (2015). Tomato Chlorotic Mottle Guyane Virus : a novel tomato-infecting bipartite begomovirus from French Guiana. Archives of Virology, 160 (11) : p. 2887-2890.

MITCHELL P. L. (2004). Heteroptera as vectors of plant pathogens. Neotropical Entomology 33 (5), September-October 2004.

MUJICA N., KROSCHEL J. (2011). Leafminer fly (Diptera: Agromyzidae) occurrence, distribution, and parasitoid associations in field and vegetable crops along the peruvian coast. Environmental Entomology 40(2) : 217-230 (2011).

NARANJO S. E., CASTLE S. J., DE-BARRO P. J., LIU S.-S. (2010). Population dynamics, demography, dispersal and spread of *Bemisia tabaci*. Chapter 6 of STANSLY P. A., NARANJO S. E.. *Bemisia* : bionomics and management of a global pest, 2010.

ROMAY G., GERAUD-POUEY F., CHIRINOS D., DEMEY J. (2016). *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) : Historia, situacíón actual y su rol como vector de enfermedades virales de plantas en Venezuela. Entomotropica Vol. 31 (35) : 276-293. Octubre 2016.

SALVO A., FENOGLIO M. S., VIDELA M. (2005). Parasitism of a leafminer in managed versus natural habitats. Agriculture, Ecosystes and Environment 109 (2005) 213-220.

SIEGWART M., GRAILLOT B., LOPEZ C. B., BESSE S., BARDIN M., NICOT P. C., LOPEZ-FERBER M. (2015). Resistance to bio-insecticides or how to enhance their sustainability : a review. Frontiers in Plant Science, June 2015, Volume 6, Article 381.

TOGNI P. H. B., FRIZZAS M. R., MEDEIROS M. A., NAKASU E. Y. T, PIRES C. S. S., SUJII E. R. (2009). Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. Horticultura Brasileira 27 : 183-188.

Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (2016). Protocoles de diagnostic pour les organismes nuisibles réglementés, PD 16 : Genre *Liriomyza*. Rome, CIPV, FAO.

Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles de la Martinique (2017). Mémento de la protection des cultures en Martinique. Mise à jour octobre 2017.