

I. Suivi des populations d'aleurodes (*Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*) parasitées ou prédatées par la micro-guêpe (*Encarsia formosa*) ou la punaise Miridae (*Nesidiocoris tenuis*) en culture de tomate hors sol sous serre

1. Introduction

Les tomates font partie des principaux légumes cultivés en Nouvelle-Calédonie (10% de la production totale en volume) (IEOM 2020). De ce fait, les tomates revêtent une importance économique non négligeable. Cette culture doit faire face à de nombreux problèmes tout au long de la culture qu'ils soient d'ordre biologique, physiologique ou agronomique (ex : problème de nouaison en raison de l'augmentation des températures et d'une mauvaise aération en serre fermée). Les principaux ravageurs en culture de tomate sous abris sont les aleurodes, les acariens et les chenilles (Daly & Desvals 2002). Les aleurodes s'avèrent assez problématiques en saison chaude (moins en saison fraîche) et peuvent causer d'important dégâts en favorisant le développement de la fumagine (avec une diminution de la photosynthèse) ou en propageant le TYLCV.

Aujourd'hui, la Protection Biologique Intégrée (PBI) est un moyen de protection des cultures. Celle-ci s'insère dans un contexte visant à préserver l'environnement en diminuant l'utilisation de produits phytosanitaires dans les cultures.

La présente expérimentation a pour objectif de tester une stratégie de protection intégrée en culture de tomate hors sol sous serres photovoltaïques contre les aleurodes *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*. La stratégie est basée sur des lâchers combinés de la punaise prédatrice *Nesidiocoris tenuis* et de la micro-guêpe parasitoïde *Encarsia formosa*. Elle doit en outre tenir compte de l'éventuelle nuisibilité de *N. tenuis* sur la culture (Bhatt & Patel 2018; Calvo *et al.* 2009 ; Sanchez 2009 ; Sánchez & Lacasa 2008) et de l'efficacité de *E. formosa* en fonction du niveau d'infestation du ravageur (Martin & Dale 1989).

Ce rapport fait suite à une convention (C.181-20/DDDT) entre l'ADECAL-TECHNOPOLE, la province Sud, REPAIR et M. Jean-Christophe NIAUTOU chez qui se déroule l'essai.

2. Matériel et méthode

2.1. Dispositif

L'étude se déroule, entre août et décembre 2020, dans une serre photovoltaïque (50% du toit est couvert de panneaux) de 1 180 m² sur une exploitation maraîchère d'environ 2,5 ha à Focola (FARINO). Elle est réalisée sur plusieurs variétés de tomates indéterminées de chez RIJK ZWAAN, tuteurées et plantées dans des pains de coco à une densité de 3,1 plants/m² (0,2 m x 1,6 m). Ces pains de coco sont disposés dans des gouttières de sorte à former 12 lignes (4 lignes de variétés côtelées, 3 lignes de cerises et 5 lignes de rondes) (Photo 1).

Au total 120 plants des 2 585 plants (soit 4,6%) ont été sélectionnés dans la grille d'échantillonnage à raison de 30 plants par ligne (1 ligne sur 3 à partir de la 2^{ème} ligne et tous les 7 plants à partir du 7^{ème} plant) (Annexe 1). Les suivis et les comptages ont débuté 39 jours après la plantation (JAP), 2 fois par semaine, les lundis pour fixer notamment la commande d'auxiliaires et les jeudis pour réaliser les lâchers.

Les données de température et de pluviométrie sont relevées à partir d'une station météo située à 2 km de l'exploitation (Fonway). Les stades de développement des plants, la conductivité et le pH sont relevés par les agents de la province Sud tandis que le diagnostic des infrastructures agroécologiques (IAE) et le suivi de la faune présente sur l'exploitation sont réalisés par REPAIR.



Photo 1. Dispositif à 32 JAP



Photo 2. Dispositif à 107 JAP

2.2. Conduite culturale

Les entretiens de la culture, la fertirrigation, les durées et les fréquences d'irrigation sont pilotés par le producteur. Les traitements phytosanitaires avec les produits autorisés au mieux compatibles PBI (liste 2020 de la province Sud) contre les ravageurs (autres que les aleurodes) et les maladies sont conseillés par REPAIR en tenant compte de la « pharmacie » du producteur.

Les récoltes sont réalisées 2 fois par semaine (les lundis et les jeudis), l'entretien et le suivi de la culture ont été stoppés à 137 JAP.

Les temps de travaux et les coûts des différents suivis (suivi PBI et entretiens) ont été calculés.

2.3. Suivi des populations d'aleurodes

Pour le monitoring des populations d'aleurodes adultes (et vérifier la présence d'autres ravageurs et/ou auxiliaires), des pièges jaunes englués (10 cm x 23 cm) sont utilisés à raison de 14 pièges par ligne (1 ligne sur 2 à partir de la 2^{ème} ligne et tous les 15 plants à partir du 6^{ème} plant ; [Annexe 1](#)).

Sur l'échantillonnage de 120 plants, le plant est considéré infesté si la 1^{ère} feuille étalée, en partant de l'apex, présente au moins 3 aleurodes adultes (adaptation de la méthode [Vandervoet et al. n.d.](#)). Le nombre de larves L3-L4 non parasitées sur la 7^e et la 10^e feuille en partant de l'apex est dans tous les cas compté (adaptation de la méthode [Martin & Dale, 1989](#)). Les moyennes pour suivre la dynamique des populations sont calculées à partir du nombre de plants inspectés.

2.4. Lâchers et suivi d'*E. formosa*

Les micro-guêpes sont fournies à titre gracieux par la BIOFABRIQUE de la Province Sud. Ces dernières sont conditionnées sur des cartonnettes contenant au moins 100 pupes parasitées en attente d'éclosion. Les lâchers s'effectuent de la manière suivante : 5 cartonnettes par ligne (1 ligne sur 2 à partir de la 1^{ère} ligne et tous les 43 plants à partir du 22^{ème} plant). Lorsque la dose de lâchers est doublée, les cartonnettes sont disposées sur toutes les lignes toujours à raison de 5 cartonnettes par ligne. Lorsque les doses sont plus que doublées, les cartonnettes supplémentaires sont réparties sur les points de lâchers précédemment utilisés. Ainsi, après consultation des outils d'aide à la décision de [Martin & Dale, 1989](#) et de [Vandervoet et al. n.d.](#) ([Annexe 2](#) et [Annexe 3](#)), les micro-guêpes ont été lâchées à des doses croissantes au cours de l'essai ([Figure 1](#)).

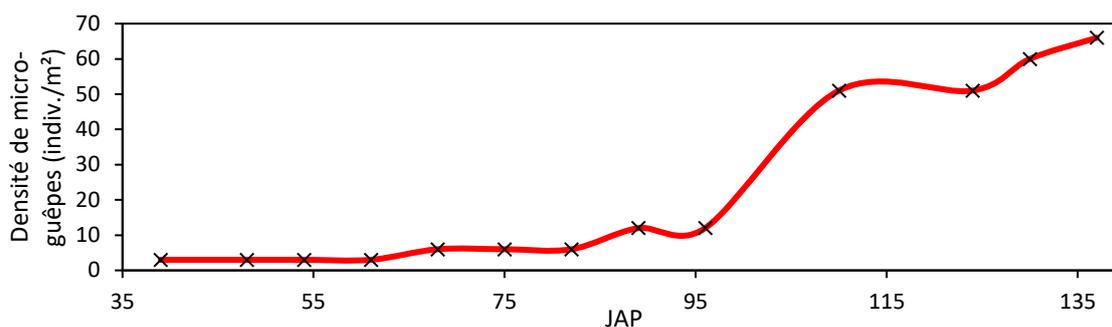


Figure 1. Évolution des doses de micro-guêpes lâchées au cours du temps

La population des pupes d'*E. formosa* est estimée à partir des comptages des larves L3-L4 parasitées, complètement noires (si l'hôte est *T. vaporariorum*) ou brunes et transparentes (si l'hôte est *B. tabaci*), sur la 7^{ème} et la 10^{ème} feuille en partant de l'apex (adaptation de la méthode [Martin & Dale, 1989](#)). Le taux de parasitisme (nombre de larves parasitées/nombre total de larves d'aleurodes parasitées et non parasitées) est alors calculé et son seuil minimum d'intervention fixé à 70%. Les lâchers d'auxiliaires sont par la suite pilotés à partir du nombre de feuilles présentant un parasitisme inférieur à 70% et des 2 outils d'aide à la décision ([Annexe 2](#) et [Annexe 3](#)).

2.5. Lâchers et suivi de *N. tenuis*

Les punaises sont aussi fournies à titre gracieux par la BIOFABRIQUE de la Province Sud. Ces dernières sont lâchées de la manière suivante : 6 pots de 65 punaises sur les 2 lignes en périphérie de la serre et 6 pots de 65 punaises en quinconce sur les 2 lignes du milieu de la serre. Compte tenu du potentiel de production de la BIOFABRIQUE, 0,45 punaises/plant sont lâchées à 48, 54, 75, 82, 89, 96, 124 et 130 JAP.

Pour compenser l'absence ou la faible présence de proies et permettre l'installation d'une population de punaises sans compromettre le rendement de la culture, des nourrissages sont faits à partir de cystes d'*Artemia salina* ([Owashii et al. 2019](#)) répartis à l'aide d'une cuillère étalonnée (10 mg/m²) sur les feuilles à hauteur d'homme des 120 plants, à 58 et 65 JAP dès l'apparition des premières piqûres.

Sur les 120 plants échantillonnés, les punaises (tous stades confondus) sont comptées sur les 7 premières feuilles en partant de la 1^{ère} feuille étalée de l'apex du plant (selon [De Boisvilliers \(2019\)](#), 70-80% des punaises se répartissent au niveau de l'apex des plants). L'utilisation d'un outil d'aide à la décision ([Annexe 4](#)) informe sur la phytophagie de la punaise en fonction du nombre de pupes.

3. Résultats

La période d'essai s'est révélée assez humide avec des cumuls de pluies allant de 41,9 mm (octobre) à 250,4 mm (décembre). Les croissances des 3 variétés de tomate ont été quasi-semblables malgré :

- des dates de plantation différentes (les tomates côtelées et cerises ont été plantées les premières),
- des retards dans les soins cultureux (égourmandage et tuteurage),
- un stress hydrique assez marqué à plusieurs reprises (apex flétri) lié d'une part à un manque d'irrigation et d'autre part à l'obstruction des goutteurs par un biofilm nécessitant un traitement du système d'irrigation au peroxyde d'hydrogène. À cela s'ajoute l'apparition de nématodes à galles qui ont été traités efficacement par du ROOTGUARD + *Bacillus subtilis* à 74 JAP. La variété côtelée semble avoir été la plus sensible à ce stress hydrique (nécrose apicale du fruit).

Des attaques de chenilles, en début de culture et de formation des fruits, ont nécessité 2 traitements au DIPEL DF à 48 et 55 JAP et à l'AFFIRM à 68 et 105 JAP. Des foyers d'acariens dès 54 JAP et l'apparition d'acariose ont entraîné plusieurs traitements au soufre à 68, 105 et 112 JAP ([Photo 3, 4](#)).

Des mineuses et des cochenilles (**Photo 5**) à 58 et 82 JAP, de la cladosporiose à 68 JAP et de l'alternaria à 96 JAP ont été observées mais n'ont pas fait l'objet d'interventions particulières du fait d'une pression jugée acceptable).



Photo 3. Attaques de chenilles



Photo 4. Attaques d'acariens



Photo 5. Attaques de cochenilles

En début de culture, les aleurodes adultes ont davantage été attirées par les variétés rondes et côtelées. Elles se sont propagées sur les tomates cerises que bien plus tard, en fin de cycle.

Les pièges jaunes englués ont capturé principalement des aleurodes adultes mais aussi des punaises *N. tenuis*, des papillons et quelques petits coléoptères et diptères. Le nombre de captures d'aleurodes adultes est resté relativement stable les 50 premiers jours (ne dépassant pas les 230 adultes/piège) puis a augmenté rapidement avec l'arrivée de la saison chaude qui raccourcit le cycle de développement de l'aleurode. Un pic est alors atteint à 128 JAP avec une moyenne de 6 016 aleurodes adultes/piège (**Figure 2**).

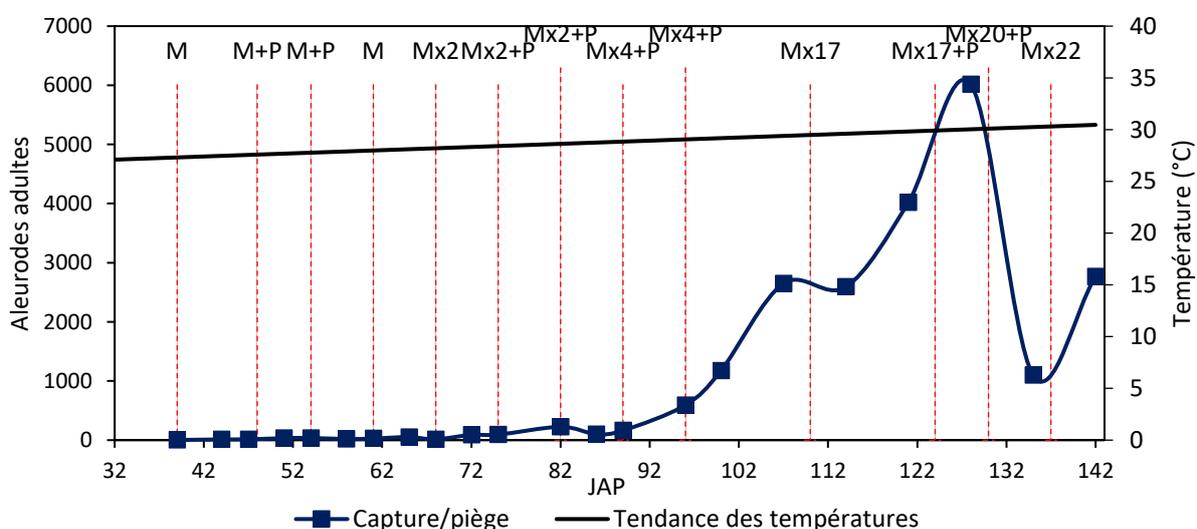


Figure 2. Moyenne des captures d'aleurodes par piège jaune englué (n = 84) et tendance des températures au cours du temps (les pointillés rouges indiquent les doses de lâchers d'auxiliaires ; M = micro-guêpes ; P = punaises Mirides)

Le nombre de larves L3-L4 comptées sur les 7^{ème} et 10^{ème} feuilles est resté relativement bas la première moitié de l'essai (moins de 20 larves/plant jusqu'à 103 JAP) puis a considérablement augmenté par la suite (160 larves/plant à 137 JAP). Le parasitisme est resté très bas tout au long de la culture malgré une forte augmentation des doses (passant initialement de 3 *E. formosa*/m² à 39 JAP à 66 *E. formosa*/m² lors du dernier lâcher à 137 JAP). Le seuil fixé à 70% n'a jamais été atteint (le taux de parasitisme le plus élevé sur l'ensemble du suivi aura été de 2,4% à 110 JAP pour une moyenne de 0,6 % sur l'ensemble du suivi). Sur les plants les plus infestés (en fond de

serre), de la fumagine est apparue vers la fin novembre, à 96 JAP. Le parasitisme des micro-guêpes semble quasi nulle (**Figure 3**).

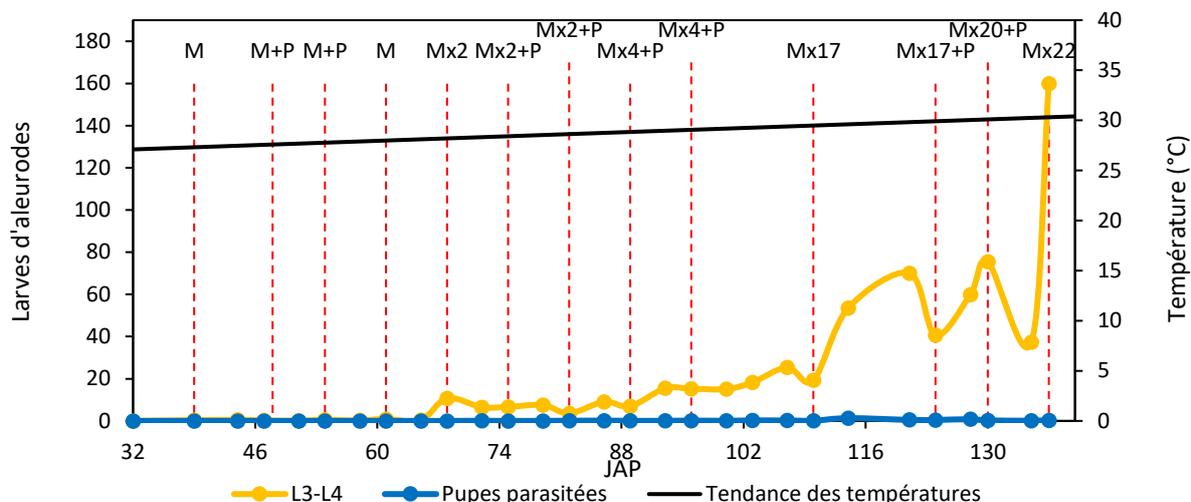


Figure 3. Moyenne du nombre de larves d'aleurodes L3-L4 et de pupes parasitées par *E. formosa* par plant au cours du temps (les pointillés indiquent les doses de lâchers d'auxiliaires ; M = micro-guêpes ; P = punaises Mirides)

La dynamique de population de *N. tenuis* suit une même tendance que celle des larves d'aleurodes. A noter que seuls 2 nourrissages aux cystes d'artémias secs ont été nécessaires en début de culture, pour satis faire une population de punaises en progression et en manque de proies (des piqûres sur les tiges ont été observées à 54 JAP). La population de *N. tenuis* a fortement diminué une 1^{ère} fois après un traitement au soufre et à l’AFFIRM pour lutter contre les acariens et les chenilles (passant de 1,66 à 0,17 punaises/plant entre 68 et 75 JAP). Elle a même failli disparaître après un même traitement effectué à 105 JAP, passant de 0,85 punaises/plant à 0,05 punaises/plant à 107 JAP (**Figure 4**). Le soufre, l’AFFIRM et le SUCCESS semblent tous les 3 assez toxiques pour les adultes d’*E. formosa* et leurs longues persistances d’actions limitent et réduisent la fréquence des lâchers.

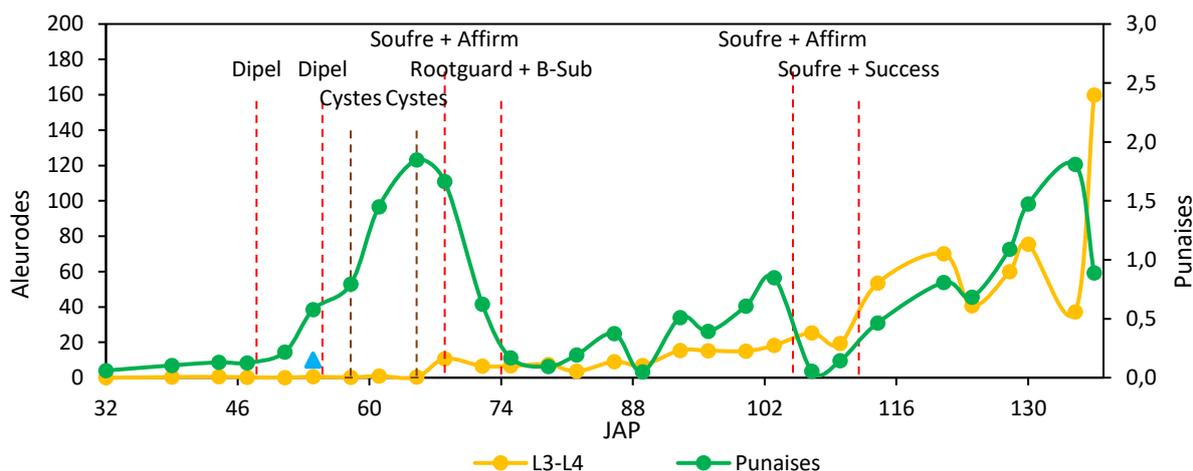


Figure 4. Moyenne du nombre de punaises et de larves d'aleurodes L3-L4 sur les 7^{ème} et 10^{ème} feuilles par plant au cours du temps (le triangle bleu indique la détection d'un léger début de dégâts par les punaises)

Les coûts relatifs au suivi de la PBI se sont révélés nettement plus élevés que ceux nécessaires aux entretiens de la culture (**Tableau 1**).

Tableau 1. Evaluation technico-économique des temps de travaux

Suivi ADECAL			Entretien de la culture (ouvriers de l'exploitation)		
Action	Durée (h)	Coût (F)	Action	Durée (h)	Coût (F)
Comptages sur les pièges jaunes englués	52	41 212	Tuteurage, déroulage, égourmandage, effeuillage, balayage	118	93 042
Renouvellements des faces des pîges jaunes englués	7	5 512	Traitements phytosanitaires (application)	6	4 725
Lâchers d'auxiliaires	18	14 254			
Nourrissage aux cystes d' <i>Artemia salina</i>	1	656			
Comptage sur les plants	136	107 046			
Total	214	168 680	Total	124	97 767
Coût global : 266 447 XPF (pour 338 h)					

4. Discussion

La période d'augmentation de captures des aleurodes sur les pièges englués peut à la fois correspondre à une migration d'individus depuis l'extérieur des serres mais également à l'émergence de jeunes adultes au sein même de la serre. Toujours est-il que leur nombre augmente fortement (apparition de fumagine) à mesure que les températures s'élèvent impactant l'efficacité des méthodes de lutte. De plus, la saison chaude, les retards pris dans les différents travaux d'entretien et les stress hydriques subit par les plants n'ont pas favorisé le développement de la culture, la stressant davantage et la rendant d'autant plus attractive aux ravageurs.

Les punaises Mirides semblent participer, dans une certaine mesure, au contrôle des aleurodes puisque dès que la population de punaises chute trop longtemps, le nombre de larves L3-L4 commence à augmenter rapidement. Les dégâts provoqués par *N. tenuis* sur les plants de tomates dépendent non seulement du nombre d'individus, mais aussi de la disponibilité en proies (Calvo *et al.* 2009 ; Sanchez 2009). Par ailleurs, Sanchez (2009) précise qu'au-delà de 0,65 individus/feuille, l'intensité des dégâts causés par la punaise est fortement corrélée à l'abondance d'aleurodes et qu'elle augmente lorsque le ratio *N. tenuis*/pupes d'aleurodes est supérieur à 0,168 sur une feuille. Malgré tout, aucune de ces références n'a pu se vérifier lors de l'essai alors que des piqûres ont été observées au niveau de l'apex. Ces piqûres n'entraînant pas forcément une baisse de rendement, laissent à penser que les seuils peuvent être réadaptés pour être applicable dans le contexte calédonien et diminuer les risques liés au comportement phytophage de *N. tenuis*.

Le retard dans l'égourmandage a possiblement biaisé l'estimation de la population de punaises. En effet, les punaises, préférant les jeunes feuilles, ont pu se déplacer sur les gourmands au lieu de l'apex.

Alors que le soufre est recommandé pour le contrôle de *N. tenuis*, il ne semble pas avoir eu d'effet sur les punaises contrairement à l'AFFIRM. En outre l'AFFIRM a, semble-t-il, freiné la réinstallation des punaises, malgré des lâchers réguliers, bien au-delà du délai de réintroduction des auxiliaires de 7 jours cité par littérature (Province Sud 2020). En outre, l'application des produits phytosanitaires utilisés (soufre, AFFIRM, SUCCESS) pourrait en partie expliquer le faible parasitisme d'*E. formosa* observé tout au long du suivi. En effet, les adultes, émergeant des cartonnettes, sont peut-être plus sensibles aux produits et n'ont pas pu parasiter leurs hôtes et permettre le lancement d'une nouvelle génération.

L'augmentation des températures a sans doute aussi perturbé le cycle de développement d'*E. formosa*. En effet, Qiu *et al.* (2004) ont montré que des températures inférieures à 20°C augmentent la durée de vie d'*E. formosa* en présence d'un hôte et améliore sa fécondité.

5. Perspectives

Le suivi PBI, dans le contexte de l'essai, n'est pas économiquement viable. Pour réduire les coûts, la méthode d'échantillonnage et les fréquences d'observations seront revues dans un prochain essai. Par ailleurs, les comptages des aleurodes sur la 7^{ème} et la 10^{ème} feuille en partant de l'apex ne semblent pas adaptés car les ravageurs ont aussi été détectés plus bas sur les plants. Il est donc peut-être plus pertinent de compter 2 feuilles situées sur une strate plus basse.

Cela reste à confirmer mais il ne semble pas judicieux de garder l'**Annexe 2**, mal adaptée à notre réalité, en tant qu'outil d'aide à la décision pour les futurs essais. L'**Annexe 3** présente l'avantage d'un comptage sur des individus immobiles (seul le 1^{er} stade larvaire de l'aleurode est mobile). Les seuils de vigilance, établis dans l'**Annexe 4**, pourront être revus à la baisse étant donné que les piqûres sont apparues un peu plus tôt que prévue.

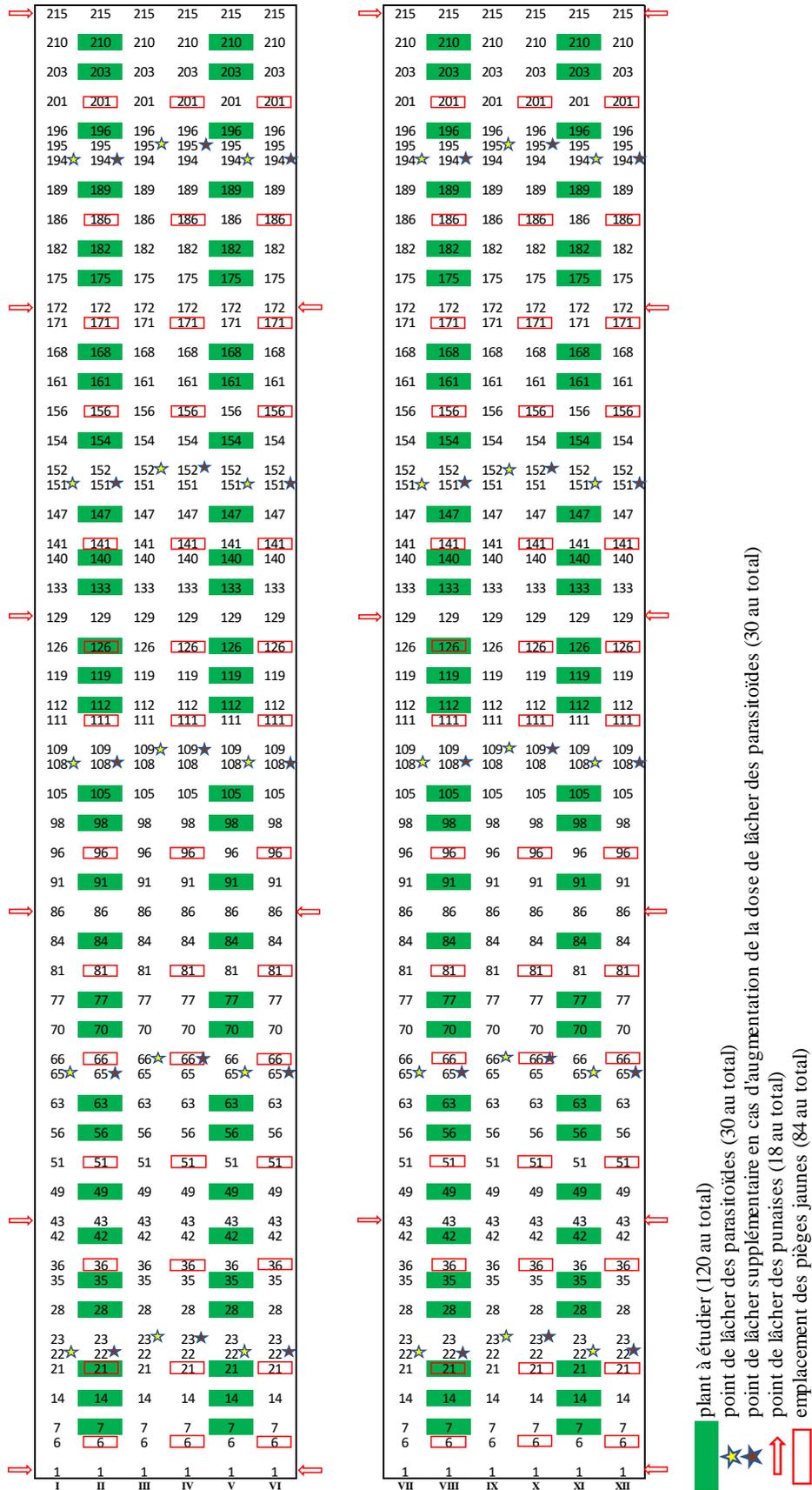
Pour une PBI efficace en saison chaude sous abri hors-sol, le choix variétal et les pratiques culturales, notamment les fréquences d'irrigation, doivent être impérativement adaptés (Simon 2014). Dans cet optique les doses seront augmentées plus tôt (lâchers inondatifs) et leurs quantités (nombre d'individus/m²) précisées.

Références bibliographiques

- Bhatt, N., & Patel, M. (2018). Tomato bug, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter): A zoophytophagous insect. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **6**(4), 1550–1556.
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. A., & Urbaneja, A. (2009). Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl*, **54**(2), 237–246.
- Daly, P., & Desvals, L. (2002). *Les cultures légumières en Nouvelle-Calédonie*. Retrieved from http://www.vertinnov.fr/fic_bdd/mag_pdf_fr_fichier/12957994950_Cultures_Legumieres_NC.pdf
- De Boisvilliers, F. (2019). *Gestion de Nesidiocoris tenuis en protection biologique intégrée dans des cultures de tomates hors sol*, Angers: Agrocampus Ouest. Retrieved from <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02409755>
- IEOM. (2020). *Rapport d'activité 2019 de la Nouvelle-Calédonie*. Retrieved from https://www.ieom.fr/IMG/pdf/ra2019_nouvelle-caledonie_publication.pdf
- Martin, N. A., & Dale, J. R. (1989). Monitoring greenhouse whitefly puparia and parasitism: A decision approach. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **17**(2), 115–123.
- Owashi, Y., Hayashi, M., Abe, J., & Miura, K. (2019). Effects of an alternative diet of *Artemia* cysts on the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology*, 1–7.
- Province Sud. (2020). Compatibilité des produits phytosanitaires avec la Protection Biologique Intégrée.
- Qiu, Y. T., Van Lenteren, J. C., Drost, Y. C., & Posthuma-Doodeman, C. J. A. M. (2004). Life-history parameters of *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* and *E. mundus*, aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae). *European Journal of Entomology*, **101**, 83–94.
- Sanchez, J. A. (2009). Density thresholds for *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) in tomato crops. *Biological Control*, **51**(3), 493–498.
- Sánchez, J. A., & Lacasa, A. (2008). Impact of the Zoophytophagous Plant Bug *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) on Tomato Yield. *Journal of Economic Entomology*, **101**(6), 1864–1870.
- Simon, S. (2014). *Maraichage hors sol sous abri en saison chaude Province Sud de Nouvelle-Calédonie*, Nouvelle-Calédonie. Retrieved from http://gaiac.iac.nc/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1453
- Van der Ent, S., Knapp, M., Klapwijk, J., Moerman, E., Van Schelt, J., & De Weert, S. (2018). *Connaître et reconnaître : La biologie des ravageurs, des maladies et leurs solutions naturelles*. (Koppert France SARL, Ed.).
- Vandervoet, T., Ellsworth, P. C., Brown, L. M., Fournier, A. J., & Naranjo, S. E. (n.d.). Making whitefly and predator counts, University of Arizona Cooperative Extension. Retrieved from <https://cals.arizona.edu/crops/cotton/files/PredatorToPreyRatios.pdf>

ANNEXES

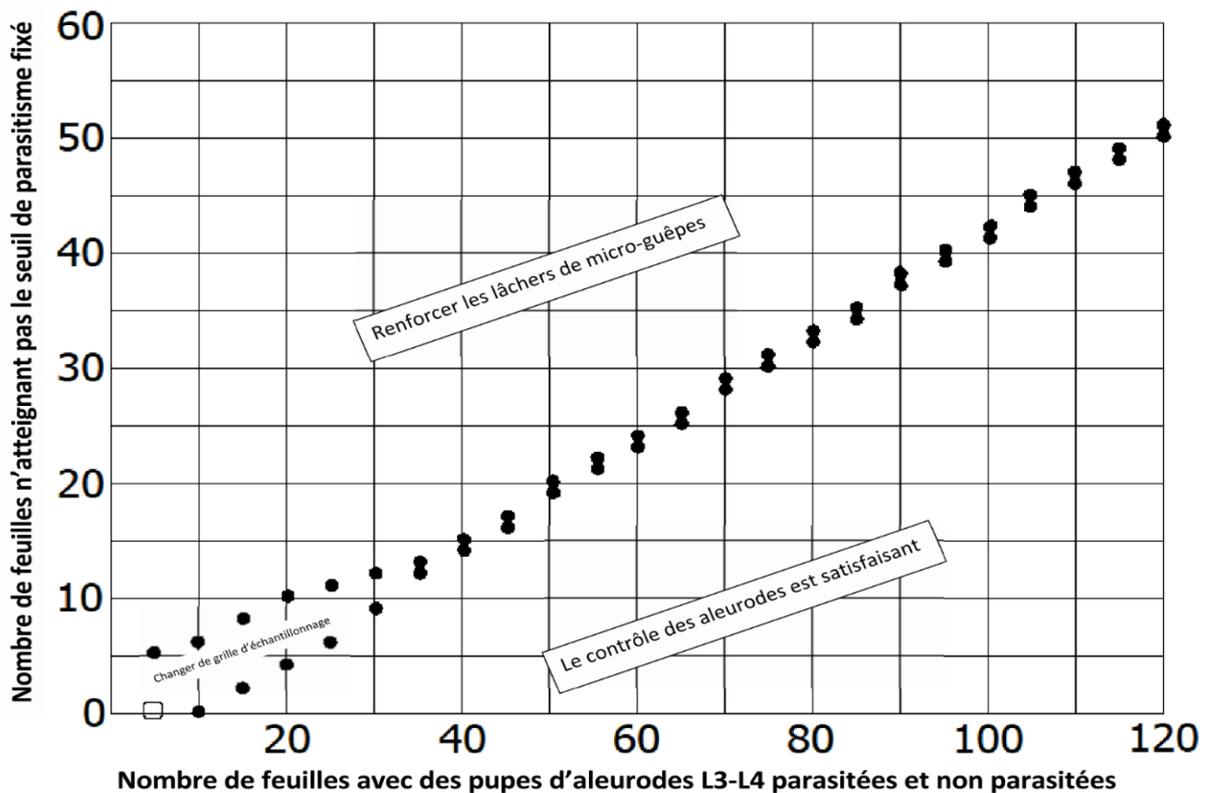
Annexe 1. Plan de lâchers des auxiliaires et d'échantillonnage.



Annexe 2. Modalités de lâchers des auxiliaires en fonction du nombre de feuilles infestées (Vandervoet *et al.* n.d.) (modifié et adapté pour 120 feuilles)

Nombre de feuilles infestées pour 120 feuilles inspectées (avec 3 adultes ou plus)	Taux d'infestation	ACTIONS
12	10%	NIVEAU 1 : RAS
15	13%	NIVEAU 2 : La population d'aleurodes adultes est proche du seuil de nuisibilité, deux options : 1) renforcer les lâchers d' <i>E. formosa</i> si besoin si taux de parasitisme en dessous du seuil (nombre et/ou fréquence) 2) renforcer les lâchers de punaises (nombre et/ou fréquence)
20	17%	
24	20%	
27	23%	
32	27%	
36	30%	
39	33%	
44	37%	
48	40%	NIVEAU 3 : La population d'aleurodes adultes risque fortement de dépasser le seuil de nuisibilité : - renforcer les lâchers d' <i>E. formosa</i> si besoin si taux de parasitisme en dessous du seuil (nombre et/ou fréquence) + - renforcer les lâchers de punaises (nombre et/ou fréquence)
51	43%	
56	47%	
60	50%	
63	53%	
68	57%	NIVEAU 4 : Population du ravageur trop élevée : ➡ recours à un traitement, si possible compatible avec les auxiliaires
72	60%	

Annexe 3. Evaluation graphique de l'efficacité du parasitoïde *E. formosa* (Martin & Dale 1989)



Annexe 4. Evaluation de l'impact de la punaise N. tenuis sur le rendement de culture en fonction du nombre de pupes d'aleurodes L3-L4 (Sanchez 2009)

