

Projet Lucas, E. #448116 2013

Contrôle permanent des tétranyques en verger de pommiers par une lignée plus efficace de prédateur indigène.

**Rapport final
Programme de Subvention d'engagement partenarial du CRSNG**

Présenté à M. Marc Vincent

par François Dumont et Éric Lucas

Université du Québec à Montréal

Résumé

Les prédateurs zoophytophages qui s'alimentent à la fois sur les ressources animales et végétales peuvent procurer des bénéfices, mais aussi être néfaste en milieu agricole. La gestion de ces insectes dépendra donc des bénéfices nets (bénéfices moins dommages) engendrés et du contexte (ex. le rapport proies-prédateurs). Les populations d'omnivores peuvent en fait être composées d'individus plus ou moins spécialisés dans l'exploitation de certaines ressources consommées par la population. Ainsi, les bénéfices nets pourraient augmenter en manipulant la composition de la population. Nous avons testées cette hypothèse avec la punaise de la molène, *Campylomma verbasci* (Hemiptera: Miridae), en verger de pommier. Le nombre de piqûres aux fruits au printemps et l'effet des punaises sur la densité de tétranyques à deux points, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) à la fin de l'été ont été comparés pour deux lignées de punaises moins ou plus zoophages. En absence de proies, les punaises des deux lignées piquent aussi fréquemment dans les pommes, mais ces piqûres n'occasionnent pas toutes des dommages visibles aux fruits. Les punaises plus zoophages réduisent la croissance de la population de tétranyques plus efficacement que les punaises moins zoophages. En conclusion, les bénéfices nets procurés par les punaises plus zoophages sont supérieurs aux punaises moins zoophages. Les différences de zoophagie étant en partie déterminées par les variabilités génétiques, un programme d'amélioration génétique pourrait améliorer l'effet des punaises en verger de pommiers.

Recommandations

Voici les conclusions pour verger Marc Vincent concernant le projet de recherche :

1. L'utilisation de punaises de la molène (PM) plus zoophage permet de ralentir la croissance des populations de tétranyques.
 - 1.1. Les lâchers de PM zoophage dès le début juillet permettraient de tirer avantage des bénéfices procurés par ces prédateurs sans encourir de risque de dommages aux fruits.
 - 1.2. À elle seule, la PM peut difficilement empêcher les populations de tétranyques d'atteindre un seuil critique (peu importe le niveau de zoophagie de la PM).
2. En absence de proies, les risques ne diffèrent pas en fonction du niveau de zoophagie des individus.
 - 2.1. Cependant, le nombre de piqûres est bas; les punaises de la molène représentent un risque faible sur McIntosh.
3. Dans les densités utilisées, la lignée plus zoophage procure une bénéfice net (bénéfices - risques) plus élevé que la lignée moins zoophage.
 - 3.1. Il serait possible d'augmenter le bénéfice de l'utilisation des punaises de la molène par sélection artificielle de lignée zoophage, mais que ceci ne se traduirait pas par une diminution du nombre de piqûres aux pommes.

- 3.2. L'élimination chimique intensive des tétranyques rouge et à deux points (les principales proies de la punaise de la molène) pourraient sélectionner pour les punaises moins zoophage et engendrer une perte d'efficacité de ce prédateurs.

Introduction

Les bénéfiques qu'engendre la punaise de la molène *Campylomma verbasci* (Meyer) (Hemiptera: Miridae), une espèce omnivore zoophytophage, lorsqu'elle s'alimente sur des proies (ex. tétranyques et pucerons) qui ravagent les cultures pomicoles peuvent être compromis par les dommages qu'elle inflige aux fruits. La présence de ces prédateurs zoophytophages en verger entraîne donc des difficultés dans la gestion des vergers (Hunter 2009). Les densités relatives des populations de punaises de la molène et de tétranyques rouges à la floraison des pommiers doivent être considérées dans la prise de décision. Une faible densité de tétranyques de la floraison jusqu'à ce que le fruit atteigne 10 mm augmente le risque de dommages aux fruits causés par les punaises de la molène (PM). Cependant, les dommages aux fruits diminuent considérablement lorsque les tétranyques, les proies préférées des PM, sont disponibles. Éliminer les PM à la nouaison, conseillé lorsque les densités relatives des populations de PM et de tétranyques augmentent les risques, priverait le verger d'un prédateur important des tétranyques rouges *Panonychus ulmi* (Koch) et à deux points *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Le risque de dommages aux fruits exclus d'emblé l'utilisation des PM en lutte biologique pour lutter contre les populations de ravageurs. Néanmoins, l'utilisation de prédateurs zoophytophages dans la culture des tomates (McGregor et al. 1999; Calvo et al. 2009) permet de réduire efficacement les populations de ravageurs. La valorisation de la PM pourrait passer par l'utilisation de méthodes qui maximisent les bénéfiques et réduisent les risques.

L'exploitation des ressources alimentaires chez les insectes zoophytophages découle d'interactions complexes entre leurs traits morphologiques, physiologiques et comportementaux (Albajes et al. 2006). En théorie, les individus d'une population exploitent les ressources alimentaires de manière différente (Bolnick et al. 2003). Certains individus consomment une grande quantité de ressources animales, alors que d'autres sont moins zoophages. Ces différences individuelles sont en partie de causes génétiques (différences génotypiques). Des génotypes très efficaces dans l'exploitation d'une ressource pourraient être moins efficaces dans l'exploitation d'une autre. Ainsi, un compromis évolutif entre zoophagie et phytophagie pourrait être observé. Conséquemment, certains individus pourraient exploiter qu'une fraction des ressources totales disponibles à la population. En pratique, ces différences génétiques au niveau de l'exploitation des ressources se traduiraient par des différences au niveau de l'efficacité dans la lutte aux populations de ravageurs et du risque que représentent les punaises de la molène pour la pomiculture. Il serait possible de tirer profit d'un compromis évolutifs entre zoophagie et phytophagie en sélectionnant des génotypes qui seraient plus zoophages (le trait à favoriser) et moins phytophage (le trait à réduire).

Cette recherche avait pour objectif de vérifier, d'une part, la quantité de piqûres et de dommages aux fruits de deux lignées de PM qui diffèrent dans leur niveau de zoophagie sur tétranyques à deux points et, d'autre part, l'efficacité de celle-ci dans la lutte aux tétranyques à la mi-saison.

Méthodologie

Dans les phases 1 et 2, des larves de PM de lignées isocouples opposées sur un échelle de zoophagie pour les tétranyques ont été utilisées. Les larves de PM plus zoophages et moins zoophages sont respectivement identifiées par punaises PM+ et punaises PM- dans le reste du texte.

Phase 1 : risque de dommage aux fruits.

L'expérience de la phase 1 s'est déroulée au verger Marc Vincent à Saint-Joseph-du-Lac. À la floraison (18 mai 2013), 40 manchons en mousseline de 20 X 20 X 70 cm ont été installés sur autant de branches ayant au moins deux inflorescences. Ces branches ont été inspectées et nettoyées de tout insecte ou acarien. Les fleurs ont été pollinisées manuellement à l'aide d'un pinceau fin. Les manchons ont tous été installés sur le même arbre; pommier régulier de cultivar McIntosh. Des paires de jeunes larves (L1 et/ou L2) de punaises PM+ et PM- ont été introduites dans 20 manchons chacune. Les manchons sont restés clos jusqu'au 27 juin 2013. À ce jour, les pommes dans chaque manchon ont été récoltées pour analyse en laboratoire. Au total, il y avait 54 et 52 pommes dans les manchons PM- et PM+, respectivement. En laboratoire, les pommes ont été inspectées à la loupe binoculaire et le nombre de piqûres a été compté. Les piqûres sont identifiables par de petits trous entourés d'un cerne foncé dans la surface du fruit. De toutes les piqûres observées dans cette expérience, aucune n'a engendré de dommage facilement perceptible à l'oeil nu (déformation du fruit).

Phase 2 : lutte aux tétranyques à deux points.

L'efficacité des lignées PM- et PM+ dans la lutte aux tétranyques à deux points a été testée avec deux expériences (en manchon et libre) au verger du Flâneur à Rougemont. Deux rangées de pommiers nains de cultivar Spartan ont été divisées en 14 parcelles de trois arbres. Les parcelles étaient séparées par un arbre (arbre tampon). Les arbres aux extrémités des parcelles étaient les traitements PM+ et PM-, tandis que les arbres au centre étaient les traitements témoins. Quatre branches étaient sélectionnées sur chaque arbre, sur l'une d'elles un manchon en mousseline de 20 X 70 cm a été installé après avoir nettoyé la branche de tout insecte. La population de tétranyques à deux points et de tétranyques rouges a été estimée sur chacune des branches en comptant toutes les formes mobiles de tétranyques sur la face inférieure de cinq feuilles (3 feuilles pour les branches avec manchons) sélectionnées au hasard. Quatre larves de PM de stade L3 à L5 ont été introduites sur les branches sans manchons des arbres traitements PM- et PM+. Sur les branches avec manchons, trois larves de punaises PM- ou PM+ de stade L3 à L5 ont été introduites dans les traitements correspondants. Aucune punaise n'était introduite dans le traitement témoin. Pour l'expérience libre, la population de tétranyques a été estimée le

jour 0 (14 août 2013), le jour 7 (21 août) et le jour 21 (4 septembre). L'estimation de la population de tétranyques a été fait le jour 0 (18 août 2013) et le jour 14 (1 septembre) pour l'expérience en manchons. Notez que la présence de tétranyques rouges était si rare qu'ils n'ont pas été considérés dans les analyses. La présence de PM sous forme adulte et larvaire a été observée dans le verger. Des acariens prédateurs de la famille des Phytoséiides ont été observés, mais en très faible quantité.

Phase 3 : Densité de la population de punaise de la molène

À la fin septembre (date), des pièges à phéromone ont été installés dans le verger afin de capturer des mâles punaises de la molène et de prédire la population de punaise au printemps 2014 (Smith and Borden 1990). Trois punaises femelles étaient introduites dans un Eppendorf percé qui permet la diffusion des phéromones. L'Eppendorf a été joint à un piège collant roulé de façon à former un tube. Les femelles étant au milieu du tube, les mâles attirés devraient coller au piège. Six de ces pièges ont été installés à proximité de la zone de lâcher, alors que 6 autres ont été installés à 50 mètres de distance de cette zone.

Ces tests n'ont pas été aussi efficaces qu'espéré. Un seul mâle a été capturé dans la zone témoin. Il est possible que ce test ait été réalisé trop tard dans la saison pour procurer une bonne estimation de la population de punaise. Une alternative à cette méthode pourrait être de récolter des branches tendres de l'année à la fin novembre. Après une période de diapause durant laquelle les branches doivent être conservées à moins de 4 degrés Celsius (jusqu'à la fin janvier), les oeufs de punaises de la molène éclosent. La population de punaises pourrait être estimée en fonction du nombre de larves qui émergent des branches. Néanmoins, cette méthode ne peut être utilisée puisqu'elle doit être effectuée après la période de temps prévue pour réaliser le présent projet de recherche.

Analyses statistiques

La présence ou l'absence de piqures de piqures par manchons en fonction du traitement PM- et PM+ a été testé avec un modèle linéaire généralisé (GLM) pour distribution binomiale. Un modèle linéaire généralisé (GLM) pour distribution Poisson a été utilisé pour comparer le nombre de piqures par manchon entre les lignées de punaises PM- et PM+.

La densité de population de tétranyques à deux points (TDP) après 14 jours en manchons en fonction de la densité de TDP au jour 0 et du traitement (témoin, PM- ou PM+) a été testé en utilisant un modèle mixte linéaire généralisé (GLMM). La parcelle a été introduite dans le modèle comme effet aléatoire. Des modèles mixtes linéaires généralisés (GLMM) ont été utilisés pour tester l'effet de la densité de TDP initiale (au jour 0) et du traitement (témoin, PM- ou PM+) sur la densité de TDP sept et 21 jours après l'introduction des punaises (expérience libre). La parcelle et l'arbre ont été introduits dans le modèle comme effets aléatoires. Une méthode de Monte Carlo a été utilisée pour générer les intervalles de confiance (95 %) pour chacune des variables. Si 0 n'était pas inclus dans cet intervalle, la variable était considérée statistiquement significative.

Toutes les analyses ont été réalisées sur R (R Core Team 2013) en utilisant la librairie «lme4» (Bates et al. 2013).

Résultats

Phase 1 : risque de dommage aux fruits.

Il y avait au moins un pique dans 55,6 % des manchons avec le traitement PM- (10 manchons sur 18) et dans 36,8 % des manchons avec le traitement PM+ (7 manchons sur 19). Cette différence n'est pas statistiquement significative (GLM_{binomial} : $\beta = -0,76 \pm 0,67$; $z = -1,14$; $p = 0,26$). Il y avait une moyenne de $1,0 \pm 2,2$ (\pm écart-type) piqures par manchons (pour deux punaises) dans les traitements PM+ et de $1,4 \pm 2,1$ (\pm écart-type) piqures par manchons dans les traitements PM- (Figure 1). Il n'y avait pas de différences statistiquement significatives (GLM_{poisson} : $\beta = -0,37 \pm 0,30$; $z = -1,22$; $p = 0,22$). Notez qu'aucune pique n'a entraîné de dommage (déformation importante du fruit).

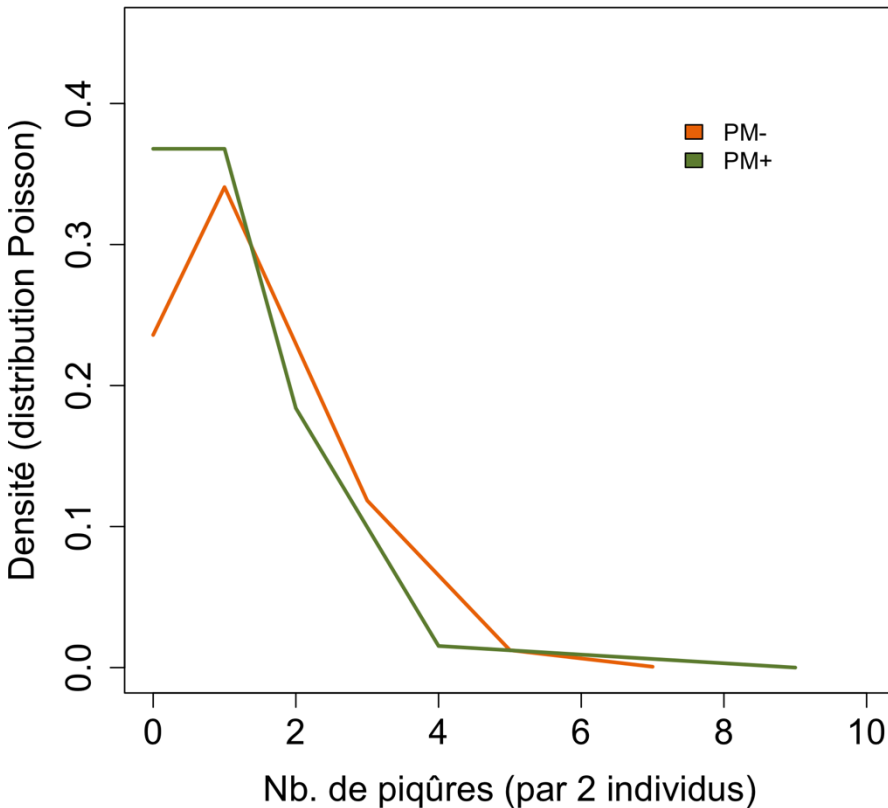


Figure 1 : Densité de probabilité (distribution Poisson) du nombre de piqures par manchons (2 individus).

Phase 2.1 : lutte aux tétranyques à deux points en manchons. Au 18 août (jour 0), la moyenne de tétranyques à deux points par feuille était de $21,72 \pm 15,08$ (\pm écart-type). Quatorze jours plus tard (1 septembre), une moyenne de $89,9 \pm 58,85$ (\pm é.t.) tétranyques à deux points par feuilles était observée dans les manchons témoins (sans punaise de la

molène). Le nombre moyen de TDP par feuille était significativement moins élevé dans les manchons avec les punaises de la molène plus zoophages (PM+) (48,29 ± 34,05), mais pas dans les manchons avec les punaises de la molène moins zoophages (PM-) (71,05 ± 44,41) (Tableau 1 et 2, Figure 2). Le nombre de TDP au début de l'expérience n'explique pas une portion significative de la variation dans le nombre de TDP à la fin de l'expérience (Tableau 2). L'utilisation de PM+ a permis de réduire la population de TDP de 46,3 %, tandis que l'utilisation de PM- n'a réduit la population de TDP que de 21 %.

Tableau 1 : Moyenne (± écart-type) de tétranyques à deux points par feuille en fonction du traitement (témoin, quatre punaises de la molène moins zoophage (PM-) ou quatre punaises de la molène plus zoophage (PM+)) dans le verger du Flâneur (Rougemont).

Traitement	Jour 0 (moyenne ± écart-type)	Jour 14 (moyenne ± écart-type)	Taux de croissance
Témoin	19,86 ± 12,30	89,90 ± 58,85	452,7 %
PM-	26,40 ± 16,22	71,05 ± 44,41	269,1 %
PM+	18,88 ± 15,63	48,29 ± 34,05	255,8 %

Tableau 2 : Modèle linéaire généralisé mixte du nombre de tétranyques à deux points (TDP) par feuille en fonction du nombre de TDP au début de l'expérience (jour 0) et du traitement (témoin, trois punaises de la molène peu voraces (PM-) ou trois punaises de la molène très voraces (PM+)). L'astérisque (*) indique que la variable a un effet significatif.

Variable	Paramètre (± erreur-type)	Valeur de t	Intervalle HDP
Nb. TDP jour 0	0,54 ± 0,48	1,11	[-0,38 ; 1,47]
PM-	-22,36 ± 11,20	-1,99	[-46,52 ; 1,38]
PM+	-41,10 ± 10,76	-3,82	[-62,68 ; -18,89]*

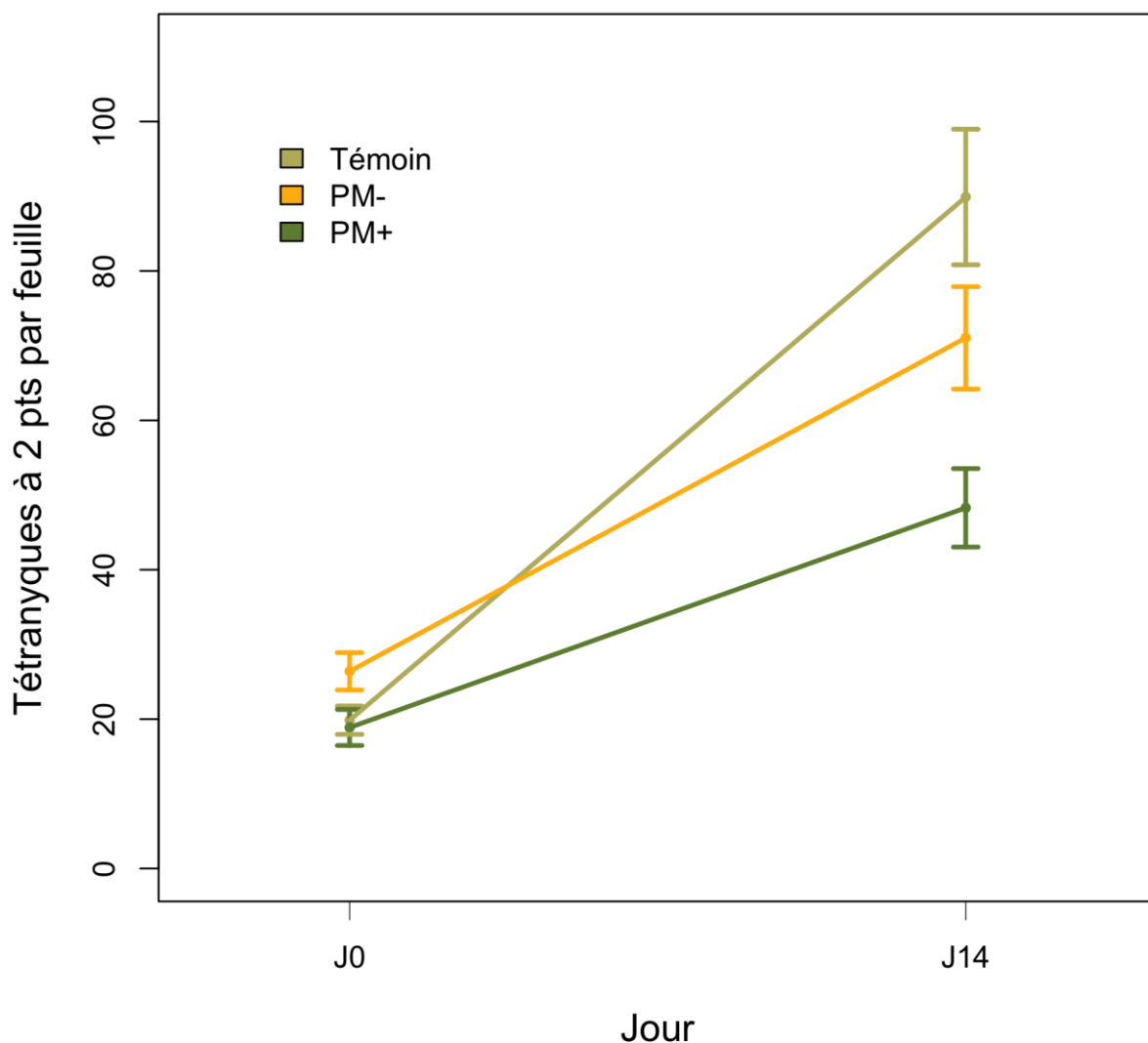


Figure 2: Nombre de tétranyques à deux points par feuille en manchons au 18 août 2013 (jour 0) au verger du flanêur (Rougemont, Québec) pour trois traitements (témoins sans punaises, trois larves de punaises de la molène peu zoophages (PM-) et trois larves de punaises de la molène plus zoophage (PM+).

3. La lutte aux tétranyques à deux points dans en verger. Au jour 0 (14 août 2013), la moyenne de TDP par feuille était de $22,04 \pm 21,52$ (\pm écart-type). Il y avait 88 % des feuilles avec plus de 8 formes mobiles, ce qui dépasse largement le seuil d'intervention de 23 % conseillé par le réseau d'avertissement phytosanitaires. Sept jours après l'introduction des punaises, la quantité de TDP par feuille n'était pas différente entre les traitements (Tableau 3). Cependant, la densité de TDP au jour 7 augmentait significativement en fonction de la densité de TDP au jour initial (Tableau 4).

Vingt et un jours après l'introduction des punaises, la densité de TDP était plus basse dans les traitements PM+ ($81,38 \pm 43,04$) que dans le traitement témoin ($100,82 \pm 59,52$) (Tableau 3, Figure 3). Les punaises PM- n'ont pas diminué significativement le nombre de

TDP par feuille ($89,15 \pm 50,78$). La quantité de TDP après 21 jours ne dépendait pas de la quantité retrouvée lors de la journée initiale (Tableau 5).

Tableau 3 : Moyenne (\pm écart-type) de tétranyques à deux points par feuille en fonction du traitement (témoin, quatre punaises de la molène peu voraces (PM-) ou quatre punaises de la molène très voraces (PM+)) dans le verger du Flâneur (Rougemont).

Traitement	Jour 0	Jour 7	Jour 21	Taux de croissance
Témoin	20,56 \pm 17,9	28,39 \pm 22,22	100,82 \pm 59,22	490,4 %
PM-	22,95 \pm 24,81	27,19 \pm 27,32	89,15 \pm 50,78	388,5 %
PM+	22,60 \pm 21,30	26,77 \pm 23,24	81,38 \pm 43,04	360,1 %

Tableau 4 : Modèle linéaire généralisé mixte du nombre de tétranyques à deux points (TDP) par feuille au jour 7 en fonction du nombre de TDP au début de l'expérience (jour 0) et du traitement (témoin, trois larves de punaises de la molène peu voraces (PM-) ou trois larves de punaises de la molène très voraces (PM+)). L'astérisque (*) indique que la variable a un effet significatif.

Variable	Paramètre (\pm erreur-type)	Valeur de t	Intervalle HDP
Nb. TDP jour 0	0,25 \pm 0,09	2,65	[0,03 ; 0,40]*
PM-	-1,80 \pm 4,21	-0,43	[-8,15 ; 4,63]
PM+	-2,13 \pm 4,21	-0,51	[-8,66 ; 4,38]

Tableau 5 : Modèle linéaire généralisé mixte du nombre de tétranyques à deux points (TDP) par feuille au jour 21 en fonction du nombre de TDP au début de l'expérience (jour 0) et du traitement (témoin, trois punaises de la molène peu voraces (PM-) ou trois punaises de la molène très voraces (PM+)). L'astérisque (*) indique que la variable a un effet significatif.

Variable	Paramètre (\pm erreur-type)	Valeur de t	Intervalle HDP
Nb. TDP jour 0	-0,06 \pm 0,21	-0,30	[-0,42 ; 0,39]
PM-	-10,82 \pm 6,74	-1,61	[-25,70 ; 1,75]
PM+	-19,32 \pm 6,70	-2,88	[-31,62 ; -6,31]*

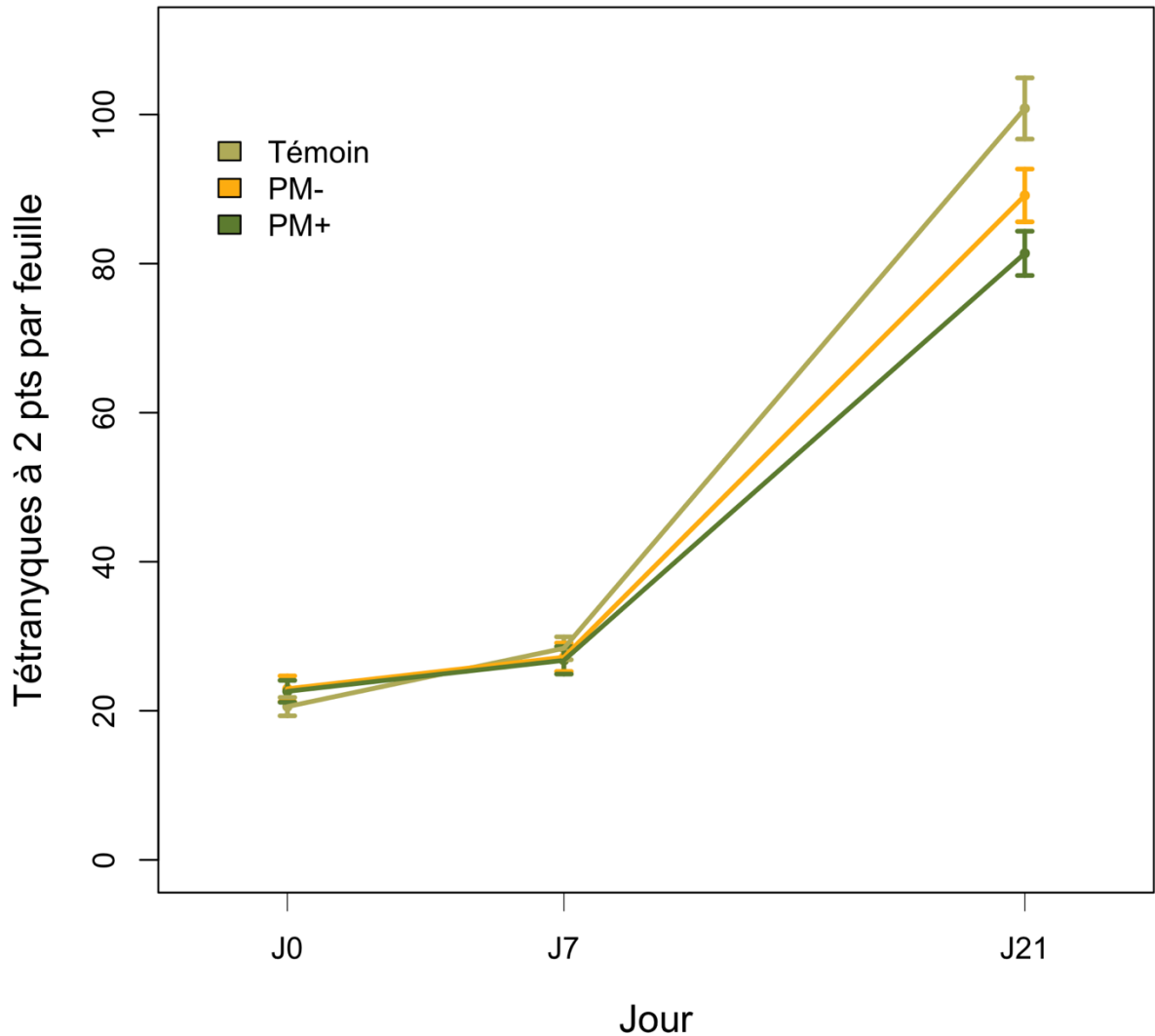


Figure 3: Nombre de tétranyques à deux points par feuille au 14 août 2013 (jour 0) au verger du flanêur (Rougemont, Québec) pour trois traitements (témoins sans punaises, quatre larves de punaises de la molène peu zoophages (PM-) et quatre larves de punaises de la molène plus zoophage (PM+)).

Discussion

En absence de proie, les risques ne diffèrent pas d'une lignée plus zoophage à une lignée moins zoophage. Le compromis évolutif attendu entre zoophagie et phytophagie chez les prédateurs zoophytophage n'a pas été démontré dans nos conditions expérimentales. Néanmoins, nos deux lignées de PM représentent qu'un risque faible sur McIntosh (environ une piqûres en moyenne par manchons) et aucune piqûre n'a entraîné de dommages (déformation de fruits). Cependant, le nombre de piqûres peut potentiellement être plus élevé; Kain et Agnello (2013) ont observé un nombre plus important de piqûres sur McIntosh avec un design expérimental semblable au nôtre dans un verger de l'État de New York (à l'été 2000). Les conditions climatiques (ex. humidité et température) pourraient avoir engendré ces différences. Un taux d'humidité relative faible pourrait entraîner un

stress hydrique qui stimulerait une augmentation des piques dans le fruit. De plus, des pressions de sélection différentes (ex. régime de traitements chimiques) entre les régions pourraient avoir pour conséquence de réduire la zoophagie des punaises de la molène et d'augmenter leur phytophagie. Dans l'État de New York, les punaises de la molène sont essentiellement phytophages (A. Agnello, communication personnelle). Ainsi, dans cet État la punaise de la molène est considérée comme un ravageur en verger de pommier, tandis que notre expérience démontre qu'elle peut être bénéfique au Québec.

La lignée plus zoophage (PM+) est plus efficace dans la lutte aux tétranyques à deux points en verger que la lignée moins zoophages (PM-). Ainsi, il y a des différences génétiques dans les bénéfices que procure la PM en verger. Il serait possible d'augmenter le bénéfice de l'utilisation de PM par sélection artificielle de lignée zoophages, mais ceci ne se traduirait pas par une diminution du nombre de piques aux pommes (du moins lorsque les tétranyques sont absents à la floraison). Cependant, la PM peut difficilement maintenir, à elle seule, la population de tétranyques à deux points sous le seuil économique. Elle peut contribuer néanmoins, avec d'autres prédateurs (e.g.), à maintenir les populations de tétranyques sous le seuil économique. Les lâchers de ces prédateurs au début de la période de délais à la récolte seraient une piste de solution à envisager.

Remerciement

Merci à Andréanne Lavallée, Pascale Ayotte, Mailys Allirand, Tina Lévesque, Marilou Goyer, Marc Fournier, Roxanne Richard, Béatrice Carrier et Nicolas Coalier pour l'aide sur le terrain et en laboratoire. Ce projet a été rendu possible grâce à la collaboration de François Jodoin (Verger du Flâneur).

Référence

Albajes, R., Castané, C., Gabarra, R., Alomar, O. 2006. Risks of plant damage caused by natural enemies introduced for arthropod biological control. Dans: Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment par Bigler, F., Badendreier, D., Kuhlmann, U. CABI, 299 p.

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. 2013. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 classes. R package version 0.99999-2.

Bolnick, D.I., Svanback, R., Fordyce, J.A., Yang, L.H., Davis, J.M., Hulsey, C.D., Forister, M.L. 2003. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *The American Naturalist*, 161: 1-28.

Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P.A., Urbaneja, A. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *Biocontrol*, 54: 237-246.

Hunter, M.D. 2009. Trophic promiscuity, intraguild predation and the problem of omnivores. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 125-131.

Kain et Agnello 2013

McGregor, R.R., Gillespie, D.R., Quiring, D.M.J., Foisy, M.R.J. 1999. Potential use of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera : Miridae) for biological control of pests of greenhouse tomatoes. *Biological Control*, 16: 104-110.