

Adaptation de la lutte biologique contre les tétranyques en framboisière sous tunnels
Valérie Fournier¹, Michèle Roy² et Émilie Lemaire³

¹-Professeure adjointe, Université Laval; ²-PhD, agronome-entomologiste, MAPAQ; ³ -
Étudiante à la maîtrise, Université Laval

Rapport final de subvention dans le cadre du
PROGRAMME DE SOUTIEN À L'INNOVATION HORTICOLE

Université Laval

Agriculture, Pêches et Alimentation du Québec

Les Fraises de l'Île d'Orléans inc.

Plant-Prod Québec

Association des Producteurs de Fraises et Framboises du Québec

29 janvier 2010

INTRODUCTION

La demande de produits québécois est en hausse auprès des consommateurs. Malheureusement, le climat québécois ne permet pas de répondre à la demande en petits fruits frais à l'année. Dans le cas de la framboise, l'utilisation des tunnels permet de prolonger la saison de production et ouvre aux producteurs d'ici une partie du marché de la framboise d'automne jusqu'à maintenant réservée aux importations. En plus d'allonger la saison de végétation, les tunnels limitent les effets du vent et protègent les fruits contre les précipitations. De plus, cet environnement contrôlé réduit les risques de maladies fongiques, augmente la qualité des fruits et leur durée de conservation. Par contre, les températures plus élevées retrouvées sous tunnels favorisent le développement des acariens *Tetranychus urticae* Koch (Cross et coll., 2001) et *T. mcdanieli* McGregor (Roy et coll., 2002). Les dommages causés par ces ravageurs peuvent entraîner une diminution de la photosynthèse chez le framboisier, causer des pertes importantes de rendements ainsi qu'une diminution de la qualité des fruits (Sances et coll., 1979). Sur une plante pérenne comme le framboisier, ces dommages peuvent se répercuter l'année suivante (Doughty et coll., 1972). Au Québec, seulement deux acaricides, Apollo (clofentezine) et Kelthane (dicofol), sont homologués en pré-récolte dans les framboisières et les cueillettes rapprochées limitent l'utilisation de la lutte chimique. Dans un tel contexte, une méthode de lutte biologique s'appuyant sur des lâchers de prédateurs s'avère grandement avantageuse. Comme la production sous tunnels est nouvelle sous nos conditions, plusieurs connaissances doivent être acquises au niveau de la régie phytosanitaire à adopter.

On compte de nombreux prédateurs de tétranyques, mais les plus fréquemment utilisés et qui ont démontré la meilleure efficacité sont les acariens prédateurs phytoséiides. Plusieurs espèces de prédateurs phytoséiides sont présents naturellement au Québec. Le mieux connu est *Neoseiulus fallacis* Garman. Ce dernier est un prédateur généraliste, qui se nourrit préférentiellement de tétranyques, mais qui peut également survivre sur une diète de pollen, d'autres arthropodes ou de champignons. Cette omnivorie augmente son efficacité et sa survie à de faibles densités de proies. Il a aussi l'avantage de pouvoir survivre aux hivers québécois et se développer à des températures aussi basses que 9 °C. Par contre, il entre rapidement en diapause au début de l'automne et est plus dispendieux à l'achat. Ce prédateur indigène est comparable au prédateur introduit *N. californicus* McGregor pour ses caractéristiques de prédateur généraliste. Le principal avantage de *N. californicus* par rapport à *N. fallacis* est sa tolérance à des températures aussi élevées que 35 °C contrairement à 32 °C pour le premier. Il tolère également un taux d'humidité relative plus faible que *N. fallacis* et son coût d'achat est moindre. Finalement, le prédateur le plus fréquemment utilisé et qui démontre la plus grande efficacité dans les cultures en serre est *Phytoseiulus persimilis* Athias-Heriot. C'est un spécialiste qui se nourrit exclusivement de tétranyques. Il est efficace pour réprimer les fortes infestations de tétranyques et se disperse si les densités de sa proie deviennent trop faibles. Le principal désavantage de *P. persimilis* est qu'il cesse de s'alimenter et que son développement est limité à des températures supérieures à 30 °C et une humidité relative inférieure à 60%. Ces conditions sont fréquemment atteintes sous tunnels. À noter que *N. californicus* et *P. persimilis* n'hivernent pas sous notre climat. Il faut donc les réintroduire chaque année. L'efficacité de ces trois prédateurs a déjà été démontrée sous différentes conditions et dans différentes cultures. Leur utilisation en

combinaison reste à être développée dans les framboisières sous tunnels afin de tirer le meilleur des attributs biologiques de chacun pour réprimer les tétranyques.

Le projet d'une durée de 2 ans a débuté au printemps 2008 et impliquait la collaboration de l'Association des Producteurs de Fraises et Framboises du Québec, Les Fraises de l'Île d'Orléans inc., M. Serge Gagnon M.Sc. agronome chez Plant-Prod Québec et Mme Stéphanie Tellier M.Sc. agronome au MAPAQ. Les objectifs spécifiques étaient les suivants :

- 1) adapter la méthode de dépistage des tétranyques développée en framboisières conventionnelles (sans tunnel) pour la production du framboisier d'automne sous grands tunnels.
- 2) valider le seuil d'intervention (pour le lâcher de prédateurs) mis au point en framboisières conventionnelles pour le framboisier d'automne sous grands tunnels.
- 3) déterminer l'efficacité des lâchers de prédateurs et mettre au point un taux optimal de lâchers (=nombre de prédateurs introduits par acre);
- 4) déterminer la fréquence des lâchers et l'espèce du prédateur phytoséiide à introduire selon les conditions du milieu (température, abondance des tétranyques, etc.)

MÉTHODOLOGIE 2008

Dispositif expérimental

Les parcelles expérimentales furent établies en mai 2008 à l'entreprise Les Fraises de l'Île d'Orléans inc. dans une framboisière de 2^e année du cultivar Autumn Britten sous TunnelPro Harnois. Un plan en bloc complet aléatoire a été disposé dans huit chapelles consécutives d'un complexe de 21 chapelles. Un traitement témoin (T1) était comparé à un traitement avec lâchers combinés des prédateurs phytoséiides *N. californicus* et *P. persimilis* (T2). Chacun des deux traitements était répété quatre fois (voir Figure 1). Les blocs ont été formés de manière à limiter l'effet d'un gradient d'infestations de tétranyques. De plus, une attention particulière était portée durant la réalisation des diverses opérations agricoles (e.g. taille, tuteurage, cueillette, etc.) par les ouvriers afin de limiter les risques de contamination des témoins avec des prédateurs phytoséiides introduits. Ainsi, les opérations étaient d'abord réalisées dans les chapelles témoin (T1) avant de l'être dans les chapelles avec prédateurs (T2).

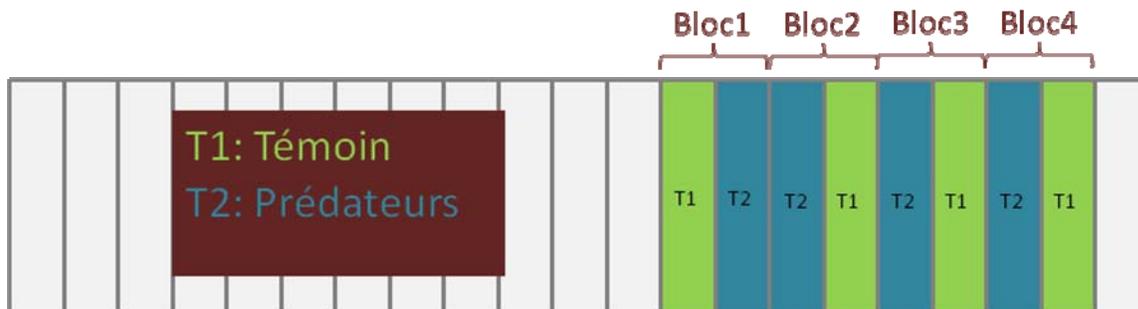
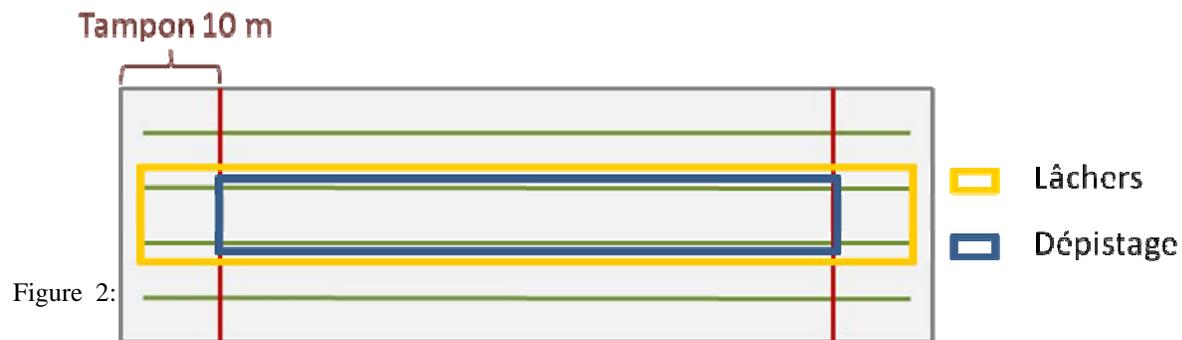


Figure 1. : Disposition des parcelles expérimentales 2008

Dépistage au champ

Le dépistage des ravageurs a débuté le 5 mai 2008 sur les premiers bourgeons des framboisiers de tout le complexe de chapelles afin de déterminer l'emplacement de notre dispositif. Nous recherchions une section où les populations de tétranyques seraient le plus homogènes. Un dépistage hebdomadaire fut effectué du 10 juin au 30 octobre. Ainsi, pour chacune des huit parcelles expérimentales, trois folioles sur 40 plants sélectionnés au hasard dans les deux rangs du centre (voir Figure 2) étaient observées et notées selon l'une des classes de tétranyques suivantes : classe 0 = aucun tétranyque; classe 1 = 1 à 5 formes mobiles; classe 2 = 1 à 5 colonies; classe 3 = 5 colonies et plus; et classe 4 = feuille entièrement colonisée par les tétranyques. Le nombre d'acariens prédateurs phytoséiides (stades mobiles) était compté. De plus, les phytoséiides adultes étaient prélevés à l'aide d'un pinceau et conservés dans l'alcool pour identification future. Les données de densités moyennes de tétranyques et de phytoséiides ont été compilées et analysées avec la procédure de mesures répétées à l'aide du logiciel JMP (SAS Institute).



Observations sous binoculaire

En plus du dépistage au champ, des observations sous binoculaire (stéréo microscope) ont été réalisées chaque semaine du début du mois de mai jusqu'à la fin octobre afin de 1) déterminer le nombre de générations de tétranyques durant la saison de croissance; 2) déterminer l'espèce dominante de tétranyques sous tunnels; et 3) suivre de près l'établissement des populations des prédateurs phytoséiides. Deux folioles/plant x 10 plants situés sur les rangs du centre de chaque chapelle expérimentale étaient observés pour y dénombrer tous les stades de tétranyques et de phytoséiides, soit les œufs, les larves, les protonymphes, les deutonymphes et les adultes mâles et femelles. Si possible, chaque forme mobile était identifiée à l'espèce.

Prédateurs phytoséiides

Les acariens prédateurs étaient fournis par Plant-Prod Québec et placés au frais dès la réception jusqu'au moment du lâcher. Ils étaient introduits sur les rangs du centre des chapelles du traitement T2; les rangs de côté constituaient donc une zone tampon entre les parcelles expérimentales (voir Figure 2). *Neoseiulus californicus* fut introduit à quatre reprises durant la saison : soit au début juin, suite à un traitement acaricide avec de la clofentézine (Apollo) alors

que les populations de tétranyques étaient faibles, une autre fois au début juillet et finalement deux fois au début septembre lorsque les températures moyennes observées au niveau du feuillage étaient élevées (= autour de 25°C). Des taux de lâcher de 7 et 14 individus/m² ont été utilisés. *Phytoseiulus persimilis* fut introduit une première fois à la fin juillet, à un taux de 4 individus/m² sur les foyers de tétranyques. Par la suite, il fut introduit sur tout le rang à des taux plus élevés, soit 7 et 14 individus/m².

Identification de phytoséiides

Des prédateurs indigènes sont aussi présents dans les framboisières québécoises et peuvent jouer un rôle de régulateurs naturels des populations de tétranyques. Le plus connu est *N. (Amblyseius) fallacis*. Afin de mieux comprendre la dynamique du système, il importe de connaître la proportion que prennent les prédateurs indigènes par rapport à ceux introduits. Puisque les espèces du genre *Neoseiulus* et *Amblyseius* sont difficilement reconnaissables à l'œil nu, nous les avons prélevés, montés sur lames et identifiés à l'espèce au microscope selon différents critères morphologiques (e.g. longueur et disposition de soies, forme de la spermatèque, forme et disposition des pores, etc.).

Données climatiques

Du début juin à la fin octobre, la température et l'humidité relative au niveau du feuillage ont été enregistrées à l'aide de capteurs HOBO (voir Tableau 1). Ces deux facteurs ont un effet direct sur le développement des tétranyques et des prédateurs phytoséiides.

	TEMPÉRATURE			HUMIDITÉ		
	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
JUIN	39,3	7,0	20,1	97,0	22,4	69,8
JUILLET	34,5	12,5	21,9	92,7	36,5	75,3
AOÛT	32,8	10,6	19,7	95,8	41,1	80,1
SEPTEMBRE	34,7	3,6	16,1	97,7	45,4	87,2
OCTOBRE	24,7	-1,0	9,7	97,6	59,6	88,0

Tableau 1 : Données de température et d'humidité au niveau du feuillage des plants de framboisiers en tunnels pour les mois de juin à octobre 2008.

RÉSULTATS ET DISCUSSION (2008)

L'évolution des populations de tétranyques et de phytoséiides au cours de la saison 2008 est présentée dans le Graphique 1. Lors du premier dépistage sur les bourgeons de framboisier, les tétranyques femelles étaient déjà présentes en grand nombre et la ponte avait débuté. Ce phénomène est certainement attribuable à une forte survie hivernale favorisée par un couvert de neige considérable à l'hiver 2008. Le développement rapide des tétranyques tôt en saison a nécessité l'application d'un acaricide le 28 mai. Le traitement à la clofentézine (Apollo) a diminué la quantité d'œufs, mais n'a pas réduit à zéro les populations de tétranyques. Il est à noter que le dépistage selon la méthode des classes a débuté le 10 juin. Avant cette date, le dispositif n'était pas parfaitement établi et certaines données peuvent donc paraître aberrantes.

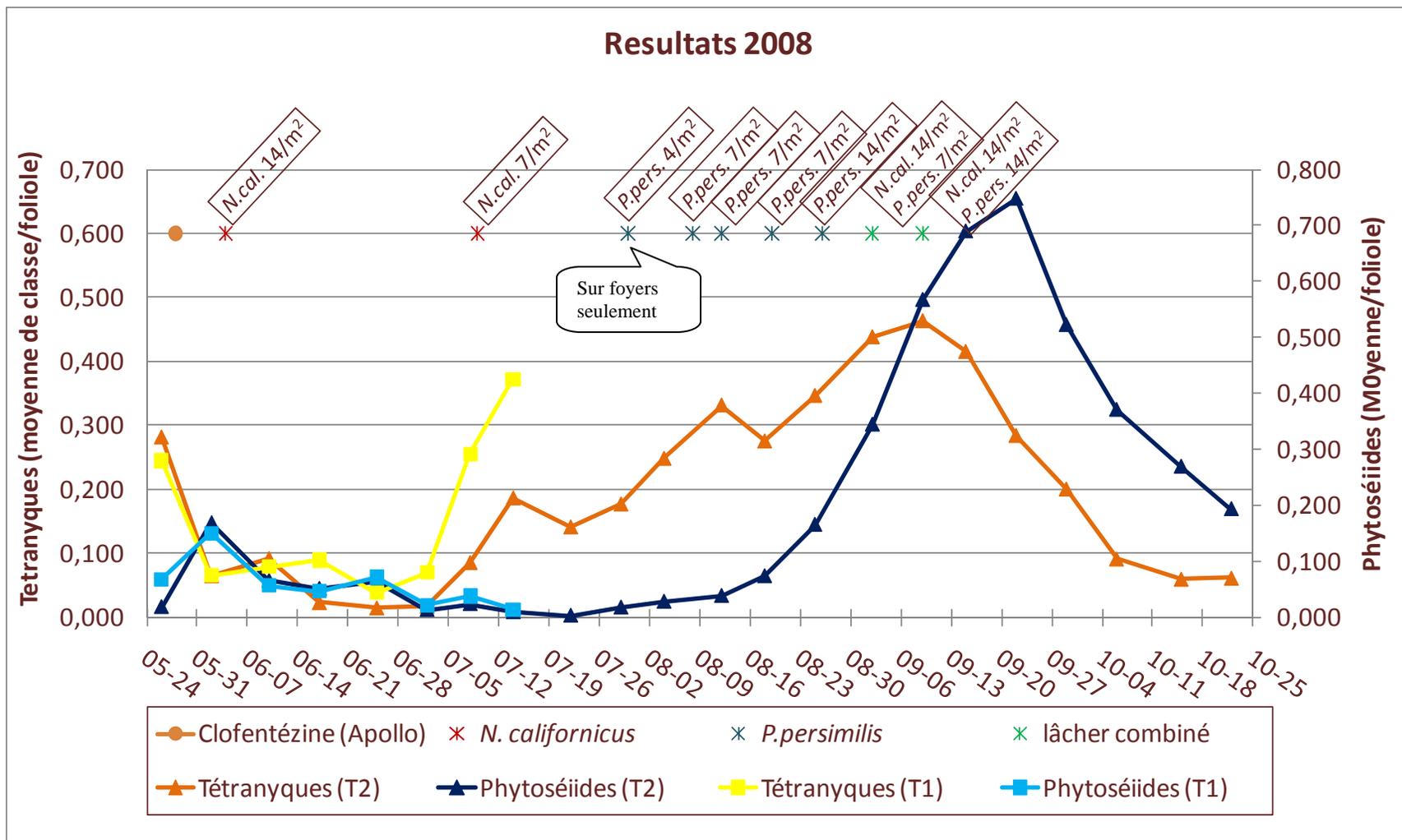
Contrairement à ce qui avait été prévu dans la proposition de recherche originale, la prise de données eut lieu une fois par semaine au lieu de trois fois. Puisque les prédateurs ne sont livrés qu'une seule fois par semaine, nous avons jugé qu'un dépistage hebdomadaire était suffisant pour suivre l'évolution des populations d'acariens et déterminer les besoins en prédateurs pour la semaine suivante. De plus, le système de classes a été établi afin de permettre l'échantillonnage d'un plus grand nombre de folioles.

Traitement témoin (T1)

Le 17 juin, soit deux semaines après l'application de l'acaricide, il y avait déjà des folioles infestées de 5 colonies et plus (classes 3 et 4). Au 14 juillet, les tétranyques étaient présents sur 15% des folioles échantillonnées, les dommages sur le feuillage étaient bien visibles et il y avait un début de formation de toile. La moyenne des classes par foliole était de 0,44. Pour limiter les pertes de rendements pour l'entreprise, la décision fut prise d'intervenir avec un second acaricide. C'est pourquoi, à partir de ce moment, le dépistage des parcelles témoin cessa pour le reste de la saison 2008. Jusqu'au 14 juillet, des phytoséiides étaient présents dans les chapelles témoins, ce qui s'explique par la présence de prédateurs indigènes et une contamination dans une des parcelles du traitement T1 (voir Graphiques 1 et 2).

Traitement prédateurs (T2)

Après l'introduction de *N. californicus* (taux de 7/m²) le 6 juin, les populations de tétranyques se sont maintenues à un niveau plus bas dans les parcelles avec prédateurs que dans les parcelles témoins. Malgré cela, pour la période durant laquelle les deux traitements étaient fonctionnels (10 juin au 14 juillet), aucune différence significative n'a été observée entre les densités de tétranyques (df=1,6; F=1,67; P=0,242) et de prédateurs (df=1,6; F=0,602; P=0,467) des deux traitements. Le 14 juillet, la moyenne de classe du traitement avec lâchers de prédateurs était de 0,2 et les tétranyques étaient présents sur 8% des folioles échantillonnées. Le 9 juillet, lorsque les foyers de tétranyques commencèrent à s'étendre, *N. californicus* fut introduit pour une seconde fois. À posteriori, nous croyons qu'une introduction de *P. persimilis* à ce moment, ou du moins un peu plus tôt que le 30 juillet, aurait pu limiter le développement de ces foyers de tétranyques. Nous avons pu observer à quel point une haie de framboisiers remontants sous tunnels peut devenir haute et dense très rapidement comparativement à un plant produit en conditions extérieures. Le taux de lâcher de 4 prédateurs/m² était insuffisant pour la densité de feuillage présente. Pour contenir les densités de tétranyques qui ne cessaient d'augmenter, nous avons effectué des lâchers plus rapprochés et plus nombreux que ce qui était prévu au départ. Malgré les neuf lâchers de prédateurs, les populations de tétranyques ont continué d'augmenter jusqu'à l'atteinte d'une moyenne de classe de 0,46/foliole au début septembre. La population maximale de phytoséiides fut observée deux semaines plus tard et a atteint une moyenne de 0,75 forme mobile de phytoséiides/foliole. L'absence de témoin ne permet pas de confirmer si la baisse de population de tétranyques au début septembre est due à l'effet des prédateurs ou simplement au déclin normal des populations en réponse à la diminution de la photopériode et de la température. L'augmentation de la classe moyenne de tétranyques par foliole s'explique davantage par une dispersion des tétranyques sur tout le rang et non par une augmentation de la

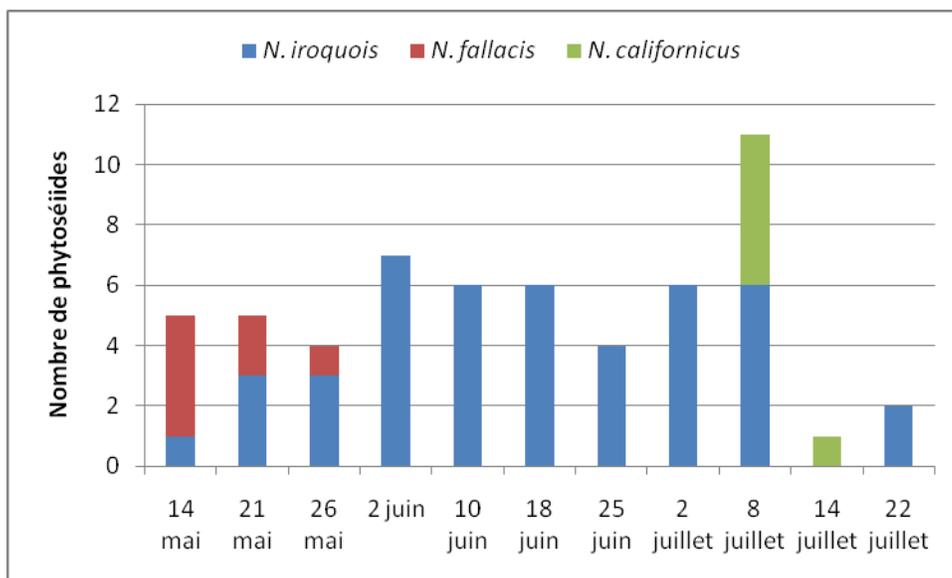


Graphique 1 : Évolution des populations de tétranyques et de prédateurs dans les parcelles expérimentales, saison 2008

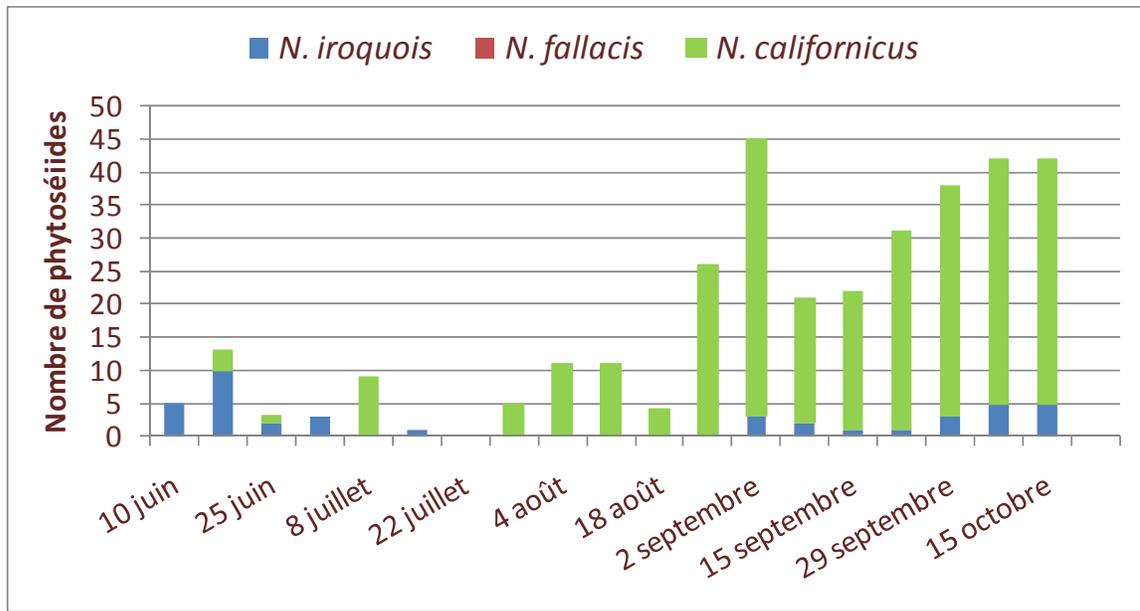
fréquence des classes plus élevées (classes 3 et 4). La dispersion des tétranyques fut sans aucun doute facilitée par les opérations culturales, particulièrement la cueillette des framboises.

Identification de phytoséiides

Comme prévu, les phytoséiides du genre *Neoseiulus* présents au début juin sont demeurés faibles lorsque les populations de tétranyques ont diminué, mais ils sont demeurés dans la culture et se sont multipliés lorsque les températures ont augmenté ainsi que les populations de tétranyques. Le graphique 2 présente les proportions de phytoséiides du genre *Neoseiulus* échantillonnées dans les parcelles du traitement T1 et le graphique 3 montre la proportion dans les parcelles du traitement T2. Les identifications au microscope ont révélé une présence très faible du prédateur indigène *N. fallacis* dans le traitement T1 (Graphique 2). L'absence de *N. fallacis* dans le traitement T2 (Graphique 3) pourrait suggérer que *N. californicus* est un compétiteur plus agressif, déplaçant ainsi *N. fallacis* de son territoire. De plus, une espèce phytoséiide peu connue et encore jamais répertoriée dans les framboisières du Québec fut identifiée : *N. iroquois* Chant & Hansell. Cette espèce a été présente toute la saison, à l'exception du mois d'août (Graphiques 2 et 3). Nos observations indiquent que cette espèce fut relativement inefficace à réprimer les tétranyques au printemps 2008. L'introduction d'agents de lutte biologique est donc essentielle lorsque l'action des prédateurs indigènes est insuffisante. Les zones tampons établies entre les parcelles n'ont pu empêcher complètement la dispersion des prédateurs introduits. Ainsi, nos observations démontrent que les premières contaminations des parcelles témoins avec *N. californicus* sont survenues en juillet (Graphique 2). La dispersion des phytoséiides a sans doute été facilitée par les opérations culturales (e.g. taille, tuteurage).



Graphique 2 : Proportions de phytoséiides du genre *Neoseiulus* échantillonnées dans les parcelles du traitement témoin (T1)



Graphique 3 : Proportions de phytoséiides du genre *Neoseiulus* échantillonnées dans les parcelles du traitement avec lâcher de prédateurs (T2)

Relation entre les températures plus élevées retrouvées sous tunnels et le développement des différentes espèces de tétranyques.

La perte des parcelles témoins à la mi-juillet a compromis l'évaluation du nombre de générations de tétranyques durant la saison 2008. Nous procéderons donc à cette évaluation en 2009 (voir section suivante). On peut s'attendre à un plus grand nombre de générations qu'en plein champ.

Tout au long de la saison 2008, *T. urticae* semble avoir dominé *T. mcdanieli* (É. Lemaire, obs. pers). Comme l'identification visuelle sous binoculaire laisse une importante possibilité d'erreur, des individus mâles seront échantillonnés et identifiés au microscope durant l'été 2009 pour confirmer ces observations. De plus, le nombre insuffisant de folioles observés sous binoculaire en 2008 ne permet pas de tirer des conclusions statistiquement valables.

CONCLUSIONS PRÉLIMINAIRES

Cette première année du projet dans un tout nouveau système de production aura permis de cumuler de nombreuses connaissances qui seront cruciales pour la réussite des essais 2009. En résumé, les essais 2008 révélèrent que : 1) les tétranyques étaient déjà présents en très grand nombre lors du premier échantillonnage fait le 7 mai, les premières femelles hivernantes ont été observées à la mi-août et lors du dernier dépistage le 15 octobre certaines femelles poussaient encore; 2) les prédateurs indigènes (*N. fallacis*, *N. iroquois*) étaient présents au printemps mais se sont montrés inefficaces à réprimer les populations de tétranyques; 3) l'application d'un acaricide fut inévitable au mois de mai dans les parcelles T1 et T2; 4) bien que la moyenne de classes semblait plutôt faible à la mi-juillet, le traitement T1 a dû être abandonné à cause de l'importance des dommages, ce qui met en doute l'efficacité de la méthode des classes pour estimer les densités de tétranyques; 5) les faibles populations de tétranyques dans les chapelles du traitement

T2 en juin ont certainement encouragé les phytoséiides à se disperser, contaminant le traitement T1 dès la mi-juillet; 6) l'introduction de *N. californicus* a été insuffisante et des foyers de tétranyques se sont développés dans les parcelles T2 dès le début juillet; 7) le premier lâcher de *P. persimilis*, effectué le 30 juillet, fut réalisé trop tard et à un taux trop faible; 8) par la suite, six lâchers de prédateurs ont dû être faits dans le but de contenir l'infestation des acariens ravageurs; 9) l'absence de témoin ne permet pas de vérifier statistiquement l'efficacité des prédateurs tout au long de la saison de croissance; 10) les prédateurs utilisés en 2008 se sont montrés aptes à s'établir dans la framboisière sous les conditions de chaleur élevée et de faible humidité des tunnels, et finalement 11) notre méthode de dépistage (avec moyenne de classes) a eu l'effet inattendu de sous-estimer le niveau réel d'infestation (cette situation fut rectifiée en 2009).

MÉTHODOLOGIE 2009

Le projet s'est poursuivi chez l'entreprise les Fraises de l'Ile d'Orléans inc. Le dispositif et les traitements évalués furent revus pour la saison 2009.

Dispositif expérimental

Deux essais sous TunnelPro Harnois furent réalisés en 2009. Le premier se déroula dans une framboisière de 3^e année (cv Autumn Britten) et le deuxième, dans une framboisière de 2^e année (cv Autumn Britten). Le même dispositif expérimental fut utilisé, soit 3 traitements répétés 5 fois selon un plan en blocs complets. L'unité expérimentale était une section de rang de framboisiers de 3 mètres de long recouvert d'une cage de Nitex (100 microns) de 2 mètres de large et 2,7 mètres de haut. Les cages étaient situées sur les rangs extérieurs de deux chapelles consécutives pour faciliter la ventilation (figure 3).

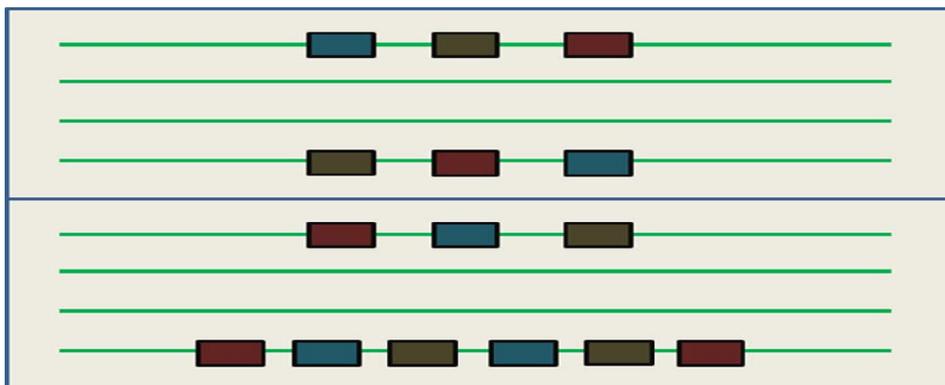


Figure 3 : Disposition des cages dans les tunnels (2009)

Les traitements suivants furent comparés :

Expérience 1 (mai à juillet 2009) :

- 1- Introduction de *N. fallacis* et *P. persimilis*
- 2- Introduction de *N. californicus* et *P. persimilis*

3- Traitement acaricide (Témoin sans tétranyques)

Expérience 2 (août à octobre 2009) :

- 1- Introduction de *N. californicus* et *P. persimilis*
- 2- Introduction de *N. californicus* et *P. persimilis* avec augmentation de l'humidité
- 3- Témoin sans intervention

Le dépistage

Afin d'égaliser les densités de tétranyques à 30 femelles adultes par cage, les plants de framboisiers furent inoculés au printemps alors que les vieilles cannes étaient au stade bouton vert serré et que les nouvelles pousses variaient de 0 à 20 cm en hauteur. Lors de la 2^e expérience, le nombre de formes mobiles inoculées par cage fut de 250 puisque la fructification sur les cannes de l'année avait déjà débuté et que la densité de feuillage était élevée. La même méthode de dépistage fut utilisée pour les deux expériences, soit 25 folioles/semaine prélevées aléatoirement dans chaque unité expérimentale, mises dans des sacs de plastique et conservées au frais jusqu'au comptage. Toutes les folioles collectées étaient observées sous binoculaire. Contrairement à 2008, les tétranyques ne furent pas catégorisés dans un système de classe de densités mais furent plutôt comptés par foliole, selon le stade de développement. Les prédateurs adultes du genre *Neoseiulus* furent prélevés à l'aide d'un pinceau et mis dans l'alcool pour identification future au microscope. Les données de densités moyennes de tétranyques (et non les classes comme en 2008) et de phytoséiides furent analysées avec la procédure de mesures répétées du logiciel SAS.

L'introduction des prédateurs phytoséiides

Tous les prédateurs étaient fournis par Plant Prod Québec. Il est à noter que la disponibilité de *N. fallacis* fut défaut pour une bonne partie de la saison en raison de la forte demande de cette espèce par les producteurs de l'ouest canadien et américain. Nous avons tenté d'ajuster nos protocoles en conséquence mais il est certain que la non disponibilité de ce prédateur clé pour notre projet a nuit au bon déroulement de l'expérience 1.

Expérience 1 (mai à juillet 2009) :

Un premier lâcher de prédateurs généralistes (*N. fallacis*, *N. californicus*) fut fait le 21 mai à un taux de 3 prédateurs/m², soit environ 18 individus par cage. Le 17 juin, de *P. persimilis* fut introduit à un taux de 5 prédateurs/m² dans les deux traitements prédateurs. À cette date, la floraison avait débuté sur les vieilles cannes et les cannes de l'année atteignaient une hauteur de 140 cm. Les températures et l'humidité étant peu favorables à ce moment, nous avons choisi de réintroduire *N. californicus* à un taux de 5 prédateurs/m², en plus d'un autre 5 *P. persimilis*/m², la semaine suivante. Parce que *N. fallacis* était toujours indisponible à cette date, seul *P. persimilis* fut introduit dans le traitement 1. Un dernier lâcher de 25 *P. persimilis*/m² fut fait le 30 juin pour tenter de réprimer les tétranyques qui étaient en augmentation (voir graphique 4B). À noter que les taux de lâcher utilisés en 2008 et ceux de l'expérience 1 de 2009 sont la moitié de ce qui était

visé car le nombre de prédateurs fut malencontreusement calculé pour une superficie de culture d'un mètre de large au lieu de la superficie totale incluant les entres rangs.

Expérience 2 (août à octobre 2009) :

Trois lâchers furent effectués aux dates et aux taux suivants : le 12 août 20 *N. californicus*/m² et 5 *P. persimilis*/m², le 18 août 20 *P. persimilis*/m² et le 26 août 20 *P. persimilis*/m². Pour les lâchers de 20 prédateurs par m², la quantité de prédateurs nécessaires par cage fut obtenue par dilution du volume de vermiculite présent dans les bouteilles de 1000 et 2000 prédateurs. La vermiculite contenant les prédateurs a été déposée sur le feuillage en fin d'après-midi ou début de soirée lorsque la chaleur était tombée.

Traitement acaricide (Expérience 1)

Il n'y eut qu'une seule application d'acaricide, Apollo (clofentezine), le 21 mai 2009, à l'aide d'un petit pulvérisateur solo. Cet ovicide fut sélectionné pour sa faible toxicité envers les prédateurs comparativement à l'autre acaricide homologué en prérecolte dans la framboise (Keltane). Le développement des premières larves a été ciblé comme moment d'application de l'acaricide.

Humidification (Expérience 2)

Pour l'expérience 2, des vaporisations d'eau furent faites du 12 août au 2 septembre à l'aide d'un petit pulvérisateur solo dans les cinq cages du traitement 2. L'eau était pulvérisée sur le feuillage et le sol de 4 à 6 fois par jour entre 10 h et 18 h. L'hypothèse testée était que l'ajout d'humidité supplémentaire permet une meilleure survie des phytoséides introduits (particulièrement *P. persimilis*) et un meilleur contrôle des tétranyques.

Données climatiques

Du début juin à la fin octobre 2009, la température et l'humidité au niveau du feuillage furent enregistrées à l'aide de capteurs HOBO. Ces deux facteurs ont un effet direct sur le développement des tétranyques et des acariens prédateurs phytoséides.

	TEMPÉRATURE			HUMIDITÉ		
	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
MAI	36,3	2	15,3	93,5	16,4	61,7
JUIN	33,3	5,0	19,1	95,6	28,7	71,8
JUILLET	31,3	11,2	17,7	96,2	43,9	85,0
AOÛT	36,7	7,6	21,2	94,7	39,1	74,6
SEPTEMBRE	30,8	2,7	15,6	96,4	39,9	78,2
OCTOBRE	25,8	-3,9	7,92	96,8	56,2	88,3

Tableau 2 : Données de température et d'humidité au niveau du feuillage des plants de framboisiers en tunnels pour les mois de mai à octobre 2009.

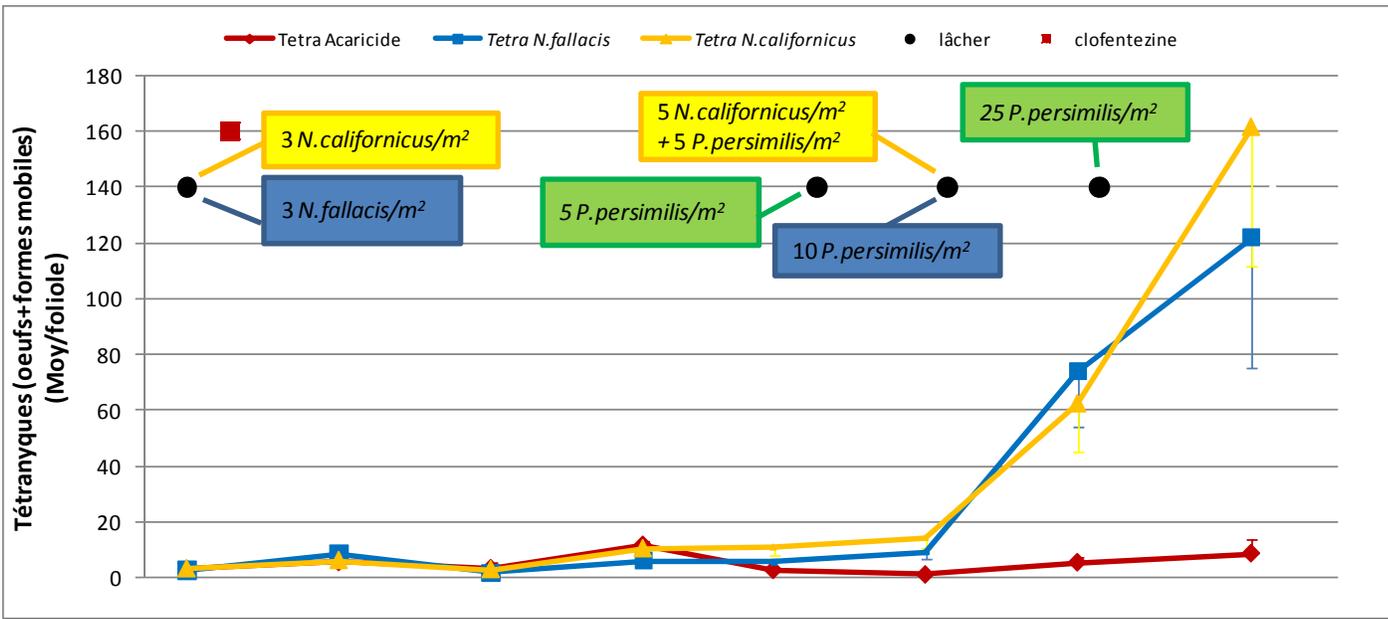
RÉSULTATS ET DISCUSSION (2009)

Expérience 1

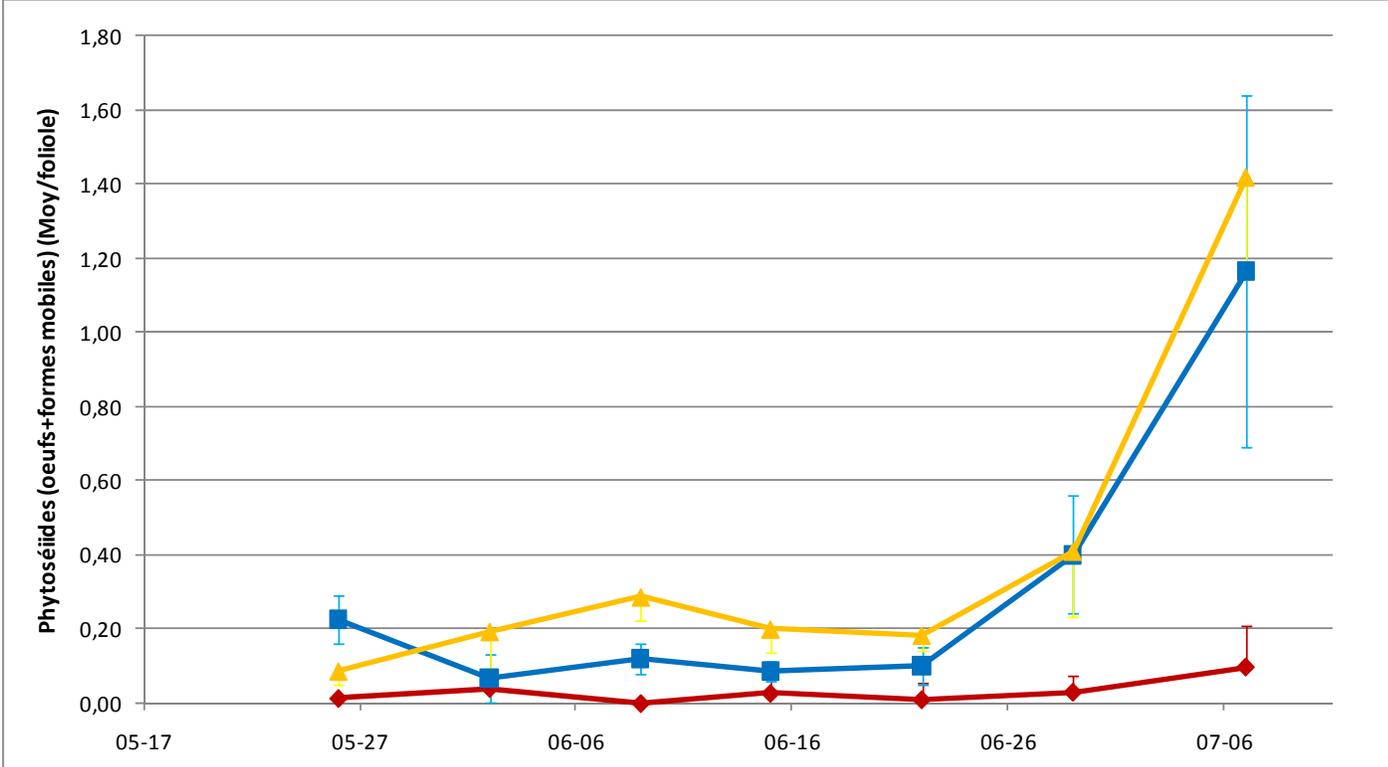
L'évolution des populations de tétranyques et de phytoséiides au cours de l'expérience 1 de 2009 est présentée dans les graphiques 4A et B. L'évolution des formes mobiles et des œufs a suivi le même patron, alors ils ont été combinés pour être présentés dans un seul graphique. Le traitement acaricide a été significativement plus efficace à réprimer les tétranyques que les introductions de prédateurs ($df=2$; $F=14,67$; $P=0,0002$). Une seule application de l'acaricide Apollo a maintenu les populations sous le seuil d'intervention de 5 formes mobiles par foliole, soit 2 formes mobiles par foliole. Par contre, les densités de tétranyques étaient à la hausse lors de la fin de l'expérience le 7 juillet, ce qui laisse présumer qu'une seule application de l'acaricide Apollo n'est pas suffisante pour maintenir les tétranyques à une densité acceptable jusqu'à la fin octobre. La même observation avait d'ailleurs été faite en 2008. Contrairement à nos attentes, l'introduction de *N. fallacis* tôt en saison lorsque les températures étaient plus fraîches (moyenne de 15,3°C) ne s'est pas montrée plus avantageuse que l'introduction de *N. californicus*. Une différence significative entre les deux traitements a été observée seulement pour l'échantillonnage du 15 juin ($df=13,33$; $t=2,27$; $P=0,04067$). La population de tétranyques demeura stable jusqu'au 22 juin avant de monter en flèche. La population de phytoséiides suivit le même patron que celle des tétranyques.

Les températures basses du printemps peuvent expliquer le développement lent des ravageurs et prédateurs au cours du premier mois de l'expérience. Très peu de phytoséiides furent prélevés pour identification en raison des faibles densités observées. Toutefois, on note sur le Graphique 5 que le développement de *N. fallacis* et de *N. californicus* semble équivalent. Parce que les prédateurs commercialisés sont élevés dans des conditions optimales, les écarts importants de température observés dans les tunnels au printemps peuvent être néfastes à leur développement. Nous envisageons de faire un autre lâcher de prédateurs généralistes, mais cela n'a pu être possible dû à un problème de disponibilité du prédateur *N. fallacis*. Le ratio prédateur/proie de départ de 3/5 était tout de même très élevé et à l'avantage des prédateurs. En Turquie, des résultats intéressants ont été obtenus dans une production de fraises sous tunnels avec une introduction de *N. californicus* et *P. persimilis* selon un ratio de 1/20 (Carmak et coll., 2009). Suite au deuxième lâcher, nous estimions que le ratio était de 1/10. La température élevée et le faible taux d'humidité durant la semaine du premier lâcher de *P. persimilis* ont sûrement causé de la mortalité chez ce prédateur et donc diminué son effet. La complexité du plant de framboisier et les limitations de la température au Québec suggèrent la nécessité d'utiliser des ratios prédateurs/proies très élevés.

A

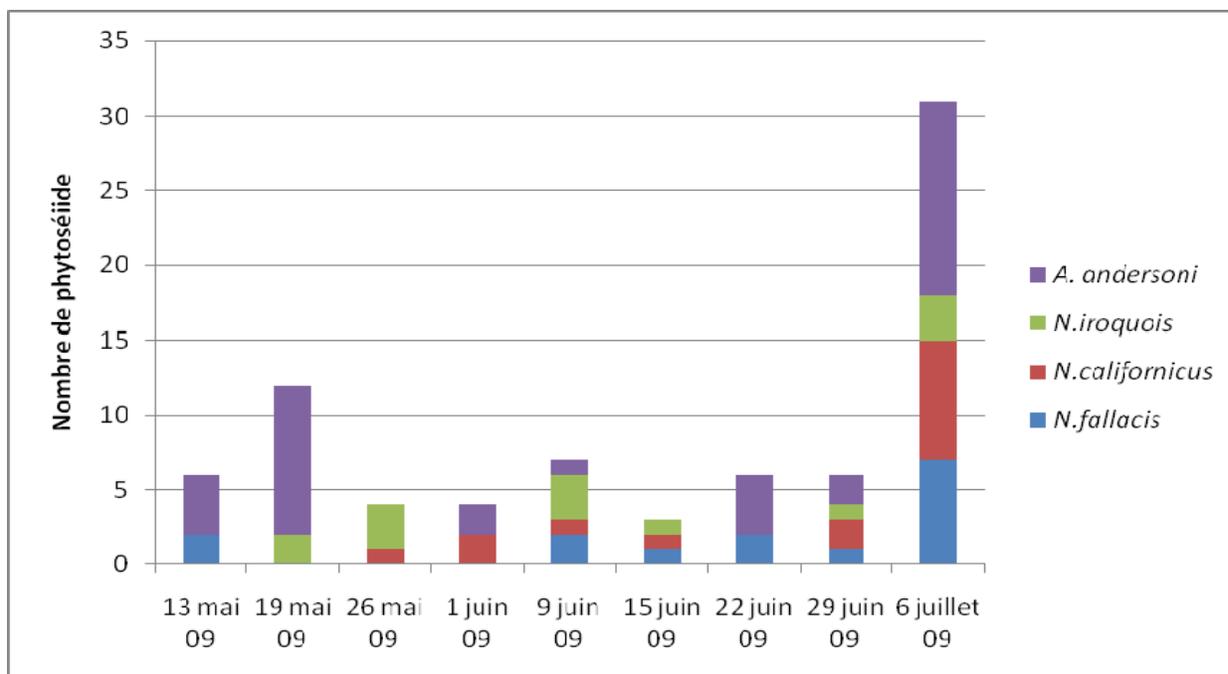


B



Graphique 4 : Évolution des populations de tétranyques (A) et de phyto-séiides (B) dans l'expérience 1 (2009)

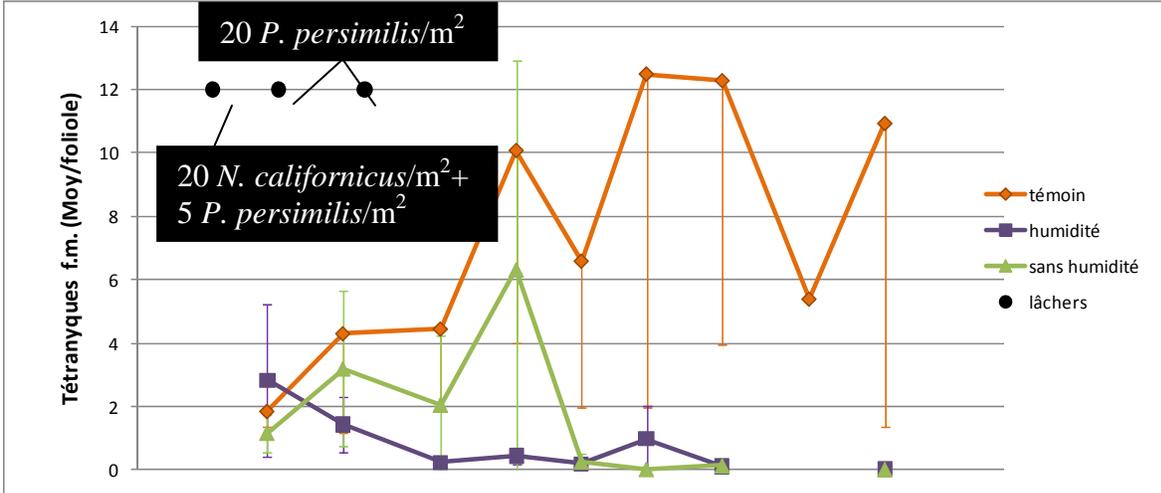
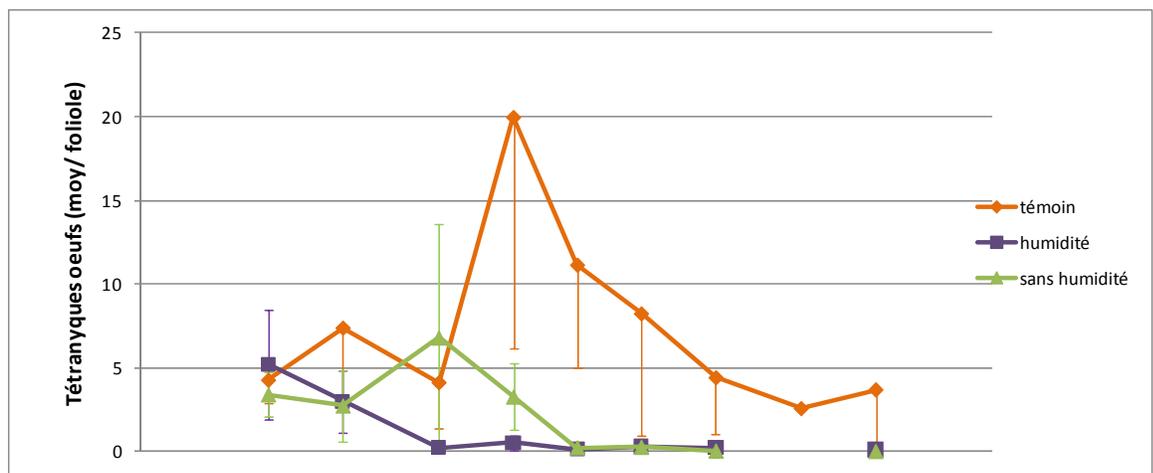
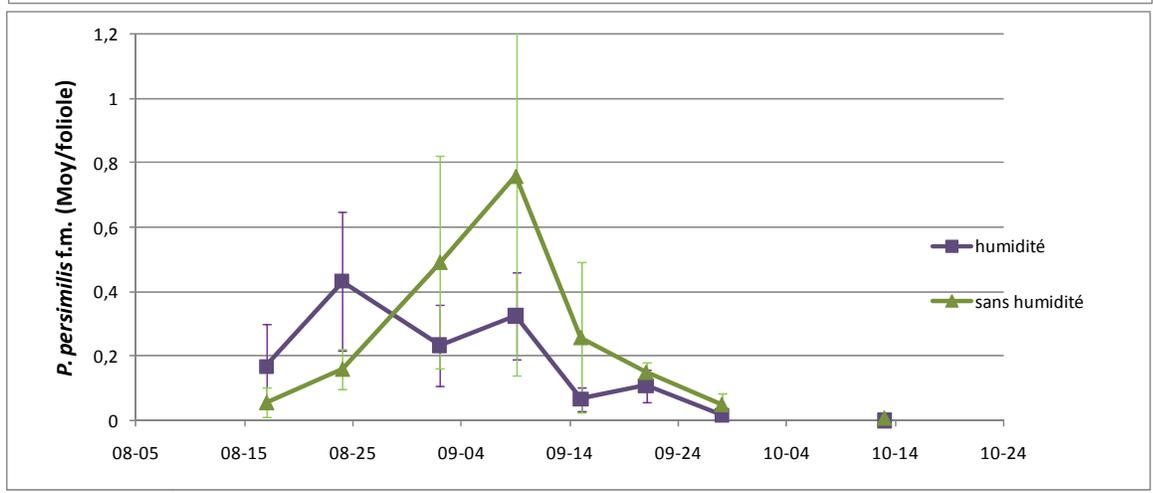
En 2008, nous avons observé la présence en grand nombre du phyto-séiide *N. iroquois*. Nos données démontrent que ce dernier était toujours présent en 2009 mais qu'il a été dominé en nombre par un nouveau prédateur indigène, *Amblyseius andersoni* Chant (Graphique 5). Cette observation est très intéressante, car cette espèce est prédatrice de tétranyques et sera possiblement même commercialisée prochainement par Biobest.



Graphique 5 : Phytoséiides du genre *Neoseiulus* et *Amblyseius* prélevés dans tous les traitements de l'expérience 1 (2009)

Expérience 2 (Effet de l'humidification sur les prédateurs)

Pour cette expérience, les cages furent déplacées dans des chapelles où il y avait déjà eu des lâchers de *N. fallacis* et *N. californicus*. Nous avons donc tenté de limiter leur présence dans les cages, mais il fut impossible de les éliminer complètement. De nombreux prédateurs généralistes étaient donc présents dans les témoins dès le début de l'expérience (voir Graphique 7). Cela n'a tout de même pas empêché une hausse de la densité de tétranyques dans le temps (Graphique 6A).

A**B****C**

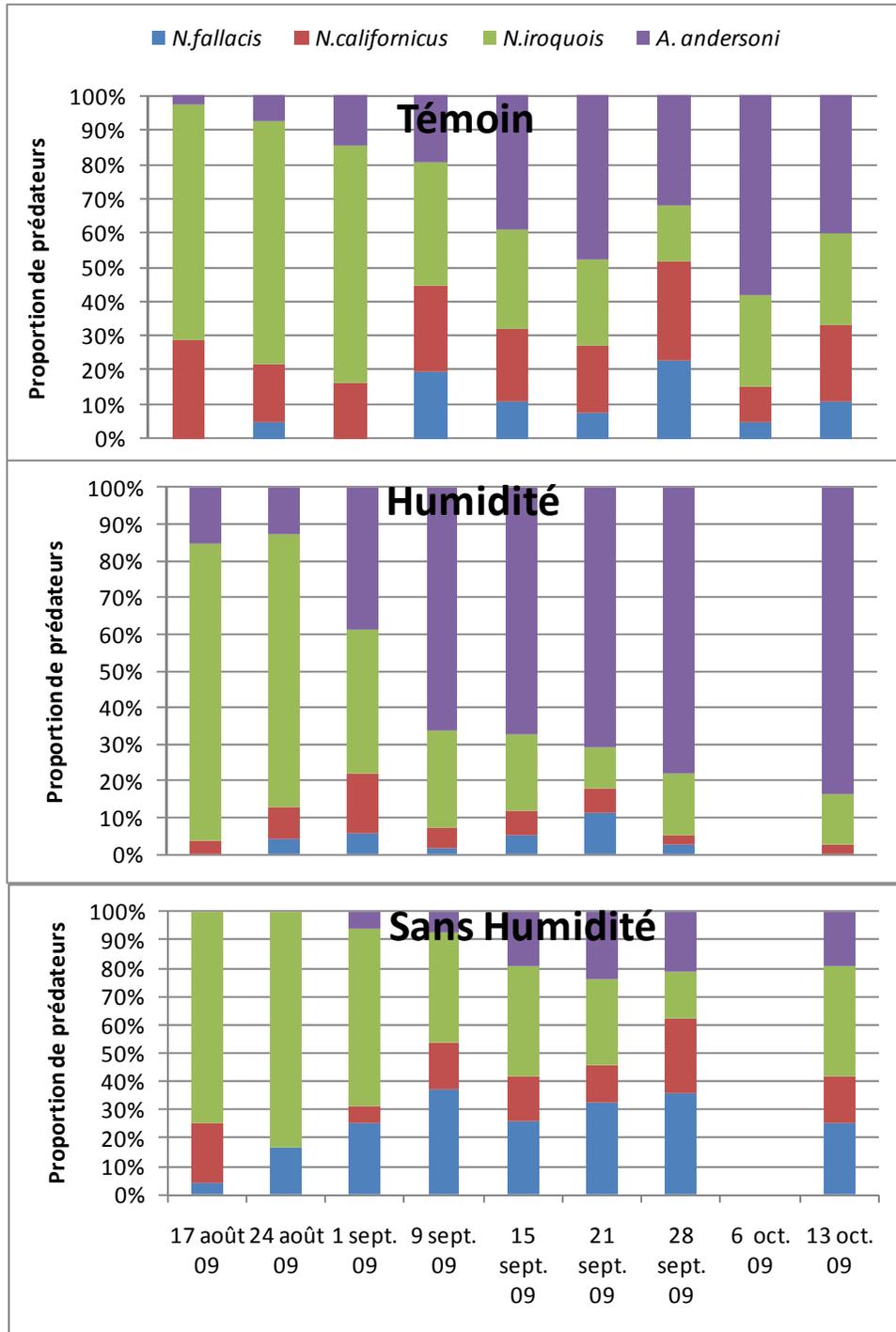
Graphique 6 : Évolution des formes mobiles de tétranyques (A), des œufs de tétranyques (B) et des formes mobiles de *P. persimilis* (C) durant l'expérience 2 (2009)

Les résultats obtenus montrent beaucoup de variations. Aussi, malgré l'apparence des données du Graphique 6, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements, autant au niveau des formes mobiles de tétranyques ($df=2$; $F=1,86$; $P=0,2328$) que des œufs ($df=2$, $F=1,65$; $P=0,2651$). On peut tout de même noter certaines tendances. Suite à l'établissement de la population initiale de tétranyques et la première introduction de prédateurs, seul le traitement avec humidification n'a pas subi de hausse de densité du ravageur. Dans le traitement avec lâchers de prédateurs sans humidification, le pic de population de 6,3 formes mobiles de tétranyques a été observé le 9 septembre et de 6,8 œufs par foliole le 2 septembre. Tandis que dans le témoin, les pics de populations ont été observés le 28 septembre pour les formes mobiles (12,3/foliole) et le 9 septembre pour les œufs (20/foliole). L'introduction de prédateurs aurait donc pu permettre la diminution des populations de tétranyques et l'humidification semblerait avoir accéléré cette diminution. L'augmentation de l'humidité relative visait à favoriser l'implantation et le développement du prédateur *P. persimilis* mais aucune différence significative n'a été observée entre les deux traitements ($df=2$; $F=1,26$; $P=0,3109$). Suite aux deux premiers lâchers, le nombre de formes mobiles de *P. persimilis* observées était plus élevé dans les cages humidifiées laissant croire à un meilleur établissement du prédateur. Le déclin rapide des tétranyques a entraîné le déclin des prédateurs, ce qui a empêché d'observer l'effet de l'humidité sur le développement des prédateurs sur une plus longue période. Dans les parcelles du traitement sans humidification, la population de *P. persimilis* semble avoir connu une plus grande augmentation que celle des parcelles soumises aux pulvérisations d'eau avec humidification mais les analyses statistiques ne démontrent aucune différence significative (Graphique 6C).

Malgré le fait que *N. californicus* ait été introduit dans les traitements avec humidité et sans humidité, c'est dans le traitement témoin qu'il fut observé en plus grand nombre. Les espèces *N. iroquois* et *A. andersoni* ont dominé dans les trois traitements; la présence du premier diminue dans le temps alors que celle du second augmente. La proportion de *N. fallacis* est plus élevée dans le traitement sans humidité (Graphique 7).

Autres observations

Les premières femelles tétranyques hivernantes furent observées le 18 avril 2009 sur des mauvaises herbes, soit avant même la fonte de la neige sur l'ensemble de la production et l'installation du revêtement plastique des tunnels. Les premiers œufs furent observés le 24 avril et les premières larves, le 14 mai. Toutes les femelles hivernantes prélevées en mai et identifiées au microscope se sont avérées être de l'espèce *T. mcdanieli*. Les premières femelles hivernantes furent observées le 9 septembre 2009, soit beaucoup plus tard qu'en 2008. Le 15 septembre, 24% des femelles échantillonnées étaient diapausantes, le 21 septembre, 69%, le 28 septembre, 80%, le 6 octobre, 77% et lors du dernier échantillonnage, le 15 octobre, 73% étaient en diapause.



Graphique 7 : Phytoséiides du genre *Neoseiulus* et *Amblyseius* prélevés durant l'expérience 2 (2009).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans la culture du framboisier en plein champ, il a été établi d'introduire *N. fallacis* lorsque le dépistage de 100 folioles par hectare indiquait une densité moyenne de trois à cinq formes mobiles de tétranyques par foliole. Selon nos observations des deux dernières années, ce seuil s'avère trop élevé pour la culture sous tunnels. L'augmentation de la température sous tunnels accélère le développement des tétranyques et impose une introduction des prédateurs beaucoup plus préventive. Lorsque le prédateur indigène *N. fallacis* est absent, il est préférable d'introduire les prédateurs phytoséiides généralistes dès que la présence de tétranyques est observée et avant que ceux-ci atteignent une densité moyenne d'un par foliole. L'aspect préventif est d'autant plus important puisqu'il faut aussi considérer un délai d'une semaine avant la réception des prédateurs commandés.

Les techniques de dépistage doivent être développées pour obtenir une estimation de la densité d'un ravageur de façon rapide. Au printemps, les infestations de tétranyques étant très localisées, nous constatons qu'il est avantageux de faire des observations générales sur les rangs de framboisiers pour répertorier hâtivement les foyers en développement. Ceux-ci peuvent être identifiés à l'aide de petits rubans pour assurer un suivi, y faire une introduction curative de *P. persimilis* et ainsi augmenter les chances de réussite de la lutte biologique.

Dans notre étude, l'arrivée hâtive des tétranyques, le fort inoculum déjà présent sur la ferme, les contaminations extérieures potentielles, les températures basses du printemps, et la non-disponibilité de *N. fallacis*, furent des facteurs hors de notre contrôle et rendirent la répression des tétranyques difficile avec la lutte biologique.

L'introduction des prédateurs généralistes selon un ratio prédateurs/proies de 3/5 n'a pas permis de maintenir les densités de tétranyques sous le seuil d'intervention de 5 formes mobiles contrairement au traitement acaricide. La présence de prédateurs dans le traitement témoin de l'expérience 2 n'a également pas suffi à garder la population de tétranyques sous ce seuil. Grâce à une introduction plus hâtive, nous croyions pouvoir limiter les infestations en 2009, mais le temps d'établissement des prédateurs s'avéra trop long pour être efficace. Avec les conditions qui prévalent sous les tunnels au printemps et la présence de femelles hivernantes en grand nombre, un traitement chimique vers la fin mai pour diminuer la pression sur la culture suivi de l'introduction des acariens prédateurs pourrait être une stratégie appropriée.

En 2008, l'application de l'acaricide Apollo suivie de l'introduction des prédateurs *N. californicus* et *P. persimilis* n'ont pas pu maintenir les tétranyques à un niveau acceptable. L'absence de témoin ne nous a pas permis d'affirmer si la réduction des populations de tétranyques au début septembre était l'effet des prédateurs ou un déclin naturel dû à l'entrée en diapause des femelles hivernante. On note toutefois qu'en 2009, le déclin des populations de tétranyques est survenu deux semaines plus tard qu'en 2008, ce qui laisse présumer un réel effet des prédateurs la première année. La quantité totale de prédateurs utilisée au cours de la première saison nous semblait démesurée avec 91 prédateurs/m². Par contre, des informations nouvelles d'un représentant de Biobest indiquent qu'un minimum de trois lâchers à un taux de 20

prédateurs/m² devrait être fait dans la culture du framboisier remontant. Ces taux sont supérieurs à nos attentes de départ, mais pas si loin de ceux utilisés en 2008.

Bien que notre expérience avec humidification n'ait pas donné de résultats significatifs, il est très clair dans la littérature que la performance du spécialiste *P. persimilis* diminue à de faibles taux d'humidité. Les données climatiques enregistrées par les lecteurs Hobo et l'observation d'une forte mortalité de ce prédateur lors de son introduction en juin montrent que les conditions sous tunnels ne sont pas optimales à son développement. Une certaine population peut se développer dans la culture, mais elle restera abritée au centre des plants et peu active alors que les tétranyques monteront vers l'apex des plants. Le développement d'un système d'humidification dans les tunnels pourrait favoriser l'établissement du prédateur au printemps lorsque la densité de feuillage est plus faible et offre moins de refuges de fraîcheur. Les prédateurs généralistes ont l'avantage d'être mieux adaptés aux conditions climatiques mais leur simple utilisation ne semble pas suffisante pour maintenir la population de tétranyques à un niveau acceptable.

Finalement, la lutte biologique demande un suivi très serré, un grand investissement en temps et en argent. Afin de continuer à développer une stratégie de lutte biologique sur framboisier remontant, nous croyons qu'il est préférable de concentrer ses efforts sur une petite superficie. La mécanisation de la dispersion des prédateurs serait également intéressante à développer pour un gain d'efficacité en termes de temps et main d'œuvre.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes et organismes suivants pour leur collaboration et aide précieuse: Louis Gauthier et Les Fraises de l'Île d'Orléans; Serge Gagnon (Plant-Prod Québec) et Sébastien Jacob (BioBest) pour leur support technique; Stéphanie Tellier agr. (MAPAQ); l'Association des Producteurs de Fraises et Framboises du Québec pour leur soutien au projet; Mario Fréchette, tech. agr. (MAPAQ) et Frédéric Beaulieu, chercheur (AAC), pour leur expertise en taxonomie; et le CRSNG et le FQRNT pour le financement d'une bourse d'étude à Émilie Lemaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cakmak, I., Janssen, A., Sabelis, M.W. et H. Baspinar., 2009, Biological control of an acarine pest by single and multiple natural enemies. *Biological control*, in press
- Cross, J.V., Easterbrook, M.A., Crook, A.M., Crook, D., Fitzgerald, J.D., Innocenzi, P.J., Jay, C.N. et M.G. Solomon, 2001, Biocontrol of pests of strawberry in Northern and Central Europe. *Biocontrol Sci Technol*, 11, 165–216
- Doughty, C. C., P. C. Crandall, et C. H. Shanks, Jr. 1972. Cold injury to red raspberries and the effect of premature defoliation and mite damage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97, 670-673.
- Roy, M., Brodeur, J. et C. Cloutier, 2002. Relationship Between Temperature and Developmental Rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and Its Prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology*, 31(1), 177-187 .
- Sances, F. V., Wyman J. A. et I. P. Ting. 1979. Physiological responses to spider mite infestation on strawberries. *Environ. Entomol.* 8, 711-714