

**AFPP – 11<sup>e</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE  
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE  
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

**DÉTERMINATION DU MOMENT D'APPLICATION DES INSECTICIDES POUR LUTTER CONTRE LE  
PHYLLOXERA FOLIAIRE EN VIGNOBLE QUÉBÉCOIS (CANADA)**

C. PROVOST<sup>1</sup> et F. DUMONT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel, 9850 rue de Belle-Rivière, Mirabel, Québec (Canada), J7N 2X8.

E-mail: cprovost@cram-mirabel.com

**RÉSUMÉ**

Le phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) (Hemiptera : Phylloxeridae), est un insecte galligène spécifique à la vigne possédant un cycle biologique complexe qui peut se dérouler simultanément au niveau des feuilles (forme gallicole) et au niveau des racines (forme radicole). La forme radicole prédomine pour les *Vitis vinifera*, tandis que la forme gallicole affecte principalement les autres espèces de *Vitis* (sp.) possédant des origines américaines. Des études de terrain ont démontré que plusieurs insecticides sont efficaces pour lutter contre le phylloxera gallicole, mais que le moment d'application est toutefois difficile à cibler. L'objectif principal du projet vise à déterminer le moment d'application d'insecticides pour lutter contre le phylloxera foliaire en vignoble québécois. Trois insecticides ont été appliqués à des intervalles de 4 jours pendant environ 1 mois au printemps pour cibler la première génération du ravageur. La première année d'essais a démontré des impacts différents selon la date de traitement des insecticides sur les populations de phylloxera. De plus, tous les traitements ont démontré une efficacité comparativement au traitement témoin.

Mots-clés : *Daktulosphaira vitifoliae*, insecticide, moment d'application, vignoble, hybride américain.

**ABSTRACT**

Phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Hemiptera : Phylloxeridae), is a vine-specific galligenous insect with a complex biological cycle that can occur simultaneously at the leaf (gallicole) and root (root-gall) form. The root form predominates for *Vitis vinifera* while the gallicole form mainly affects other species of *Vitis* (sp.), mainly of American origins. Field studies have shown that several insecticides are effective in controlling phylloxera gallicole but the timing of application is difficult to target. The main objective of the project is to determine the timing of application of insecticides to control leaf phylloxera in Quebec vineyards. Three insecticides were applied at 4-day intervals for about 1 month in the spring to target the first generation. The first year of testing demonstrated different impacts on phylloxera populations depending on the date of insecticide treatment. In addition, all treatments demonstrated efficacy compared to the control treatment.

Keywords: *Daktulosphaira vitifoliae*, insecticide, timing, vineyard, american hybrid.

## INTRODUCTION

Le phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) (Hemiptera : Phylloxeridae), est un insecte galligène spécifique à la vigne possédant un cycle biologique complexe, par parthénogenèse cyclique (phases sexuelles et asexuelles en alternance), qui peut se dérouler simultanément au niveau des feuilles (forme gallicole) et au niveau des racines (forme radicole) (Leuty et Ker, 1997; Granett et al., 2001; Forneck et Huber, 2009). Le phylloxera peut hiverner en stade immature se nourrissant sur les racines ou sous forme d'œuf pondu dans les crevasses du tronc. En avril, les œufs sur le tronc éclosent pour produire la première génération gallicole, au stade débourrement. Les nymphes femelles aptères se déplacent sur les jeunes tiges pour se nourrir de la première à la troisième feuille terminale non déployée de la saison. La feuille forme une galle autour de la femelle. Il nécessite de 10-15 jours pour que la femelle atteigne la maturité, elle produira une seconde génération en pondant de 200-300 œufs sur une période de 30-40 jours. Les œufs éclosent et les nymphes sortent de la galle pour aller former d'autres galles sur les feuilles terminales. On peut compter généralement cinq à sept générations par saison dans l'est du Canada (Leuty et Ker, 1997; Bergeron, 2010). Durant la saison, certains individus tomberont au sol et se faufleront dans le sol pour aller se nourrir des racines, reproduisant ainsi le cycle complet du phylloxera. (Leuty et Ker, 1997; Granett et al., 2001; Forneck et Huber, 2009; Johnson et al., 2009; Sleezer et al., 2011)

La forme radicole prédomine pour les *Vitis vinifera*, tandis que la forme gallicole affecte principalement les autres espèces de *Vitis* (sp.) possédant des origines américaines (Granett et al., 2001). Dans le cas des infestations foliaires, les feuilles de vigne peuvent porter de nombreuses galles (excroissances) qui renferment des phylloxeras femelles qui, de par leur mode de reproduction par parthénogenèse, peuvent conduire à une explosion des populations (Granett et al., 2001; Johnson et al., 2009). Les feuilles affectées par le phylloxera gallicole deviennent déformées et recroquevillées, présentant une surface foliaire réduite, réduisant alors fortement la capacité de photosynthèse du plant (Granett et al., 2001; Johnson et al., 2009, 2010; Wold-Burkness, 2011). Ces dommages foliaires peuvent conduire à une défoliation précoce des plants, affecter leur aoûtement et prédisposer ceux-ci à une mortalité hivernale plus élevée (Leuty et Ker, 1997; Granett et al., 2001; Johnson et al., 2009; Wold-Burkness, 2011). Les plants affectés peuvent aussi subir une baisse de rendement en raisins, ainsi qu'une diminution de la teneur en sucre et de la qualité des baies à la récolte (Leuty et Ker, 1997; Johnson et al., 2009, 2010; Wold-Burkness, 2011). Certains cépages hybrides cultivés au Québec démontrent une certaine sensibilité à la forme gallicole du phylloxera (Bergeron, 2010; Dubé et Turcotte, 2011). Celui-ci est en constante augmentation et les dommages deviennent inquiétants pour les vignerons québécois.

Des études de terrain ont démontré que plusieurs insecticides sont efficaces pour lutter contre le phylloxera gallicole : fenprothrin (ex : Danitol 2.4 EC), spirotetramat (ex : Movento), acetamiprid (ex : Assail 30 SG), argile kaolin (ex : Surround WP) et imidacloprid (ex : Admire). Le moment d'application est toutefois difficile à cibler et un modèle prévisionnel permettrait de cibler les moments de dépistage afin d'observer l'activité du phylloxera (Johnson et al., 2010). De multiples essais ont eu lieu dans les années 1980 aux États-Unis et plusieurs des insecticides testés ont démontré une répression efficace du ravageur (McLeod et Williams, 1990). Toutefois, plusieurs de ces insecticides, tels que l'esfenvalérate, le fenprothrin ou l'imidacloprid, ne sont plus ou pas homologués au Canada contre ce ravageur dans la culture de la vigne. Les insecticides homologués doivent être appliqués lorsqu'il y a détection de femelles jaunes dans les premières galles sur les tiges (ouverture des premières galles) ou de galles immatures sur les feuilles terminales déployées (Johnson et al., 2009, 2010). Les insecticides recommandés sont systémiques, ce qui nécessite une surface foliaire suffisante pour l'absorption du produit, et qui cible généralement le stade 3-4 feuilles déployées (Bergeron, 2010). De plus, comme les insectes sont protégés par les galles, l'insecticide doit idéalement être appliqué après l'éclosion des œufs lorsque les jeunes nymphes qui émergent des galles migrent vers de nouvelles feuilles en déploiement (Leuty et Ker, 1997; Bergeron, 2010). Certaines études ont évalué l'impact de différents insecticides pour réduire les populations de phylloxera radicole. Des traitements foliaires avec des insecticides systémiques, tels que l'imidacloprid et le thiamethoxam, ont démontré un effet répressif sur le phylloxera, mais aucun effet positif significatif sur la croissance de la vigne, le rendement en fruits (Al-Antary et al., 2008; Herbet et al.,

2008). Plusieurs essais ont aussi été effectués avec des insecticides appliqués au sol pour réduire les populations de phylloxera radicole. Les insecticides testés pour ces applications sont le carbofuran, l'imidacloprid, le thiamethoxam, l'oxamyl, l'aldicarb et le fenamuphos. L'effet répressif sur le phylloxera radicole est variable selon les produits utilisés et dans la plupart des cas, aucun effet bénéfique significatif n'est noté sur la croissance, la vigueur ou le rendement de la vigne (Nazer et al., 2006; Powell, 2008). L'utilisation de ces produits au sol peut être très dommageable, car les effets néfastes sur l'environnement sont importants. Par exemple, l'imidacloprid a une demi-vie dans le sol de 365 jours et il est toxique pour plusieurs prédateurs en vignobles, comme les chrysopes, les coccinelles (Bernard et al., 2007) et les acariens prédateurs (Bostanian et al., 2010). La conclusion de ces multiples études est que le meilleur moyen de lutter contre la forme radicole du phylloxera est l'utilisation de porte-greffes résistants.

L'objectif principal de ce projet vise à déterminer le moment d'application d'insecticides pour lutter contre le phylloxera foliaire en vignoble québécois. Les objectifs spécifiques sont : 1) établir le cycle de vie du phylloxera; 2) déterminer l'efficacité des insecticides; 3) identifier le moment d'application optimal; 4) proposer une méthode d'application efficace des insecticides en vignoble.

## **METHODOLOGIE**

### *Site d'essai et dispositif expérimental*

Les essais ont été effectués au vignoble Côte de Vaudreuil, Vaudreuil, Québec, Canada (45.414486, -74.097638). Le vignoble a un antécédent important de phylloxera foliaire. Les essais ont été réalisés sur des plants du cépage Frontenac plantés en 2002. Une unité expérimentale était constituée de 5 plants de vigne. Quatre blocs (répétitions) ont été utilisés dans lesquels on retrouve les traitements attribués à une parcelle de vigne de façon aléatoire.

Afin de bien suivre le cycle vital du phylloxera, les pièges ont été placés dans les parcelles témoin sans traitement, de façon à ce qu'aucun insecticide n'affecte son développement. Trois types de pièges ont été posés : piège sceau renversé, piège collant sur le tronc, bande collante à la base des sarments. Les vignes ont été taillées de façon uniforme (même nombre de bourgeons) de façon à pouvoir comparer les traitements. Les cépages sont soumis à une régie phytosanitaire intégrée pour la production de raisins et un entretien rigoureux a eu lieu durant la saison.

### *Applications des traitements*

Les traitements suivants ont été appliqués au vignoble, tous les insecticides sont homologués pour lutter contre ce ravageur au Canada :

- 1) Assail 70WP, 80g/ha (acétamipride, 70% m.a.)
- 2) Movento 240 SC, 365-585 ml/ha (spirotetramate, 240g/L m.a.)
- 3) Clutch 50WDG, 140-210 g/ha (clothianidine, 50% m.a.)
- 4) témoin, sans traitement

Différents moments d'application ont aussi été comparés, ainsi une application tous les quatre jours à partir de la fin avril (stade BBCH 03) jusqu' à la fin mai (BBCH 13) a été effectuée. Une parcelle de vigne a reçu un traitement insecticide à une période donnée (il n'y a pas plus d'une application par parcelle). Les traitements ont été appliqués aux dates suivantes (selon les conditions météorologiques) : 28 avril, 3 mai, 9 mai, 16 mai, 20 mai, 24 mai, 27 mai, 31 mai et 3 juin. Ainsi, il y a eu neuf périodes d'application pour les trois insecticides. Le dispositif prend donc en compte deux critères: le produit insecticide (3) et le moment de l'application (9). Les insecticides ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à dos de façon à traiter seulement les plants ciblés.

### *Prise de données*

Les données ont été prises sur les trois plants du centre de la parcelle seulement, les deux plants des extrémités étaient des plants de garde. Une régie de traitement conventionnelle a été appliquée en ce

qui concerne le contrôle des maladies fongiques. Aucun insecticide n'a été appliqué dans la parcelle d'essai.

Les paramètres suivants ont été collectés :

- 1) Suivi de population du phylloxera : divers types de pièges (collant sur le tronc, sceau inversé, collant jaune...) ont été utilisés pour faire un suivi des populations de phylloxera afin de comprendre son cycle vital dans les conditions pédoclimatiques du Québec. Le suivi hebdomadaire a débuté le 21 avril et s'est terminé le 20 septembre. Les pièges ont été changés et rapportés au laboratoire pour observation.
- 2) Dommage du phylloxera : un suivi du nombre de galles a été effectué toutes les semaines afin de vérifier l'évolution de la population, et ce jusqu'à la fin de la saison afin de vérifier aussi l'effet résiduel sur les autres générations. Le suivi des galles a été effectué au départ avec un décompte des galles par plant, puis durant la saison une échelle de graduation des dommages a été utilisée (Jubb 1976). Deux paramètres ont été notés : 1) le niveau d'infestation des plants (% feuilles atteintes / feuilles totales); et 2) la sévérité de l'infestation des feuilles (moyenne des quantités de galles / feuille du cep) (Tab. I).
- 3) Surface foliaire : la surface foliaire a été notée à l'aide d'un appareil Li-Cor à deux moments durant la saison afin de vérifier l'effet des traitements sur la croissance de la vigne.

Tableau I : Classes de dommages du phylloxera foliaire.  
(Damage intervals of foliar phylloxera)

Classe	Taux d'infestation (% feuilles atteintes/feuilles totales)	Classe de sévérité de l'infestation (Quantité de galles/feuille)
1	0	0
2	1 à 25	1 à 5
3	26 à 50	6 à 15
4	51 à 75	16 à 35
5	76 à 99	35 et +
6	100	Feuilles nécrosées ou défoliation

#### *Analyse des données*

Des modèles généralisés linéaires mixtes (GLMM) et ANOVA ont été utilisés afin de déterminer l'effet des insecticides utilisés ainsi que l'impact du moment d'application sur le taux d'infestation, la sévérité d'infestation et la surface foliaire (2 critères: insecticides et moment d'application).

## **RESULTATS**

#### *Efficacité des pièges*

Seuls les pièges collant dans le feuillage et collant sur le tronc ont permis la capture d'individus du phylloxera à des taux très faibles, soit quelques captures en fin de saison (Tab. II). Aucune capture de phylloxera n'a été observée dans les pièges collants jaunes et le sceau inversé. Malgré une recherche de littérature et la mise en place de pièges ayant démontré leur efficacité pour capturer le phylloxera, nous n'avons pas été en mesure d'effectuer un suivi de population compte tenu du faible taux de capture dans les divers types de pièges.

Tableau II : Nombre d'individus de phylloxera capturé dans les divers types de pièges durant la saison 2016.

(Number of phylloxera individuals caught in various traps during the 2016 season)

date	Type de piège			
	sceau inversé	collant jaune	collant sur tronc	collant dans feuillage
2016-04-28	0	0	0	0
2016-05-13	0	0	0	0
2016-05-20	0	0	0	0
2016-05-27	0	0	0	0
2016-06-03	0	0	0	0
2016-06-14	0	0	0	0
2016-06-21	0	0	0	0
2016-06-30	0	0	0	0
2016-07-08	0	0	0	0
2016-07-13	0	0	2	2
2016-07-20	0	0	0	0
2016-07-27	0	0	0	0
2016-08-02	0	0	0	0
2016-08-10	0	0	3	2
2016-08-17	0	0	3	2
2016-08-23	0	0	2	1
2016-08-30	0	0	1	2
2016-09-06	0	0	5	4
2016-09-13	0	0	3	2
2016-09-20	0	0	3	4

Tableau III : Développement végétatif de la vigne et moment d'application des traitements durant la saison 2016.

(Vegetative vine growth and timing of application during the season 2016)

Date	Stade BBCH	Description du stade	Degrés-jours cumulés	Traitement
21-avr	01	Début du gonflement des bourgeons : les bourgeons s'allongent à l'intérieur des écailles	3,65	
28-avr	03	Fin du gonflement des bourgeons, les bourgeons ne sont pas encore verts	4,65	A1
03-mai	03		4,65	A2
05-mai	03		5,8	
09-mai	03		17,45	A3
13-mai	03		34,35	
16-mai	05	«Stade de la bourre» : une protection cotonneuse est nettement visible	39,05	A4
20-mai	05		48,6	A5
24-mai	09	Débourrement : l'extrémité verte de la jeune pousse est nettement visible	80,8	A6
27-mai	13	3 feuilles étalées	108,8	A7
31-mai	55	Les grappes augmentent de taille, les boutons floraux sont agglomérés	157,7	A8
03-juin	55		184,5	A9
10-juin	57	Les grappes sont bien développées, les fleurs se séparent	223	
14-juin	62	20% des capuchons floraux sont tombés	239,7	
21-juin	71	Nouaison : début du développement des fruits, toutes les pièces florales sont tombées	318,6	
30-juin	73-75	Les fruits (baies) ont la grosseur de plombs de chasse, les grappes commencent à s'incliner vers le bas	411,5	
08-juil	75	Les baies ont la grosseur de petit-pois, les grappes sont en position verticale	498,3	
13-juil	77	Début de la fermeture de la grappe (les baies commencent à se toucher)	549,55	
20-juil	79	La fermeture de la grappe est complète, les fruits ont fini de grossir	629,4	
27-juil	79		718,1	
02-août	79		773,65	
10-août	81	Début de la maturation : les baies commencent à s'éclaircir et/ou à changer de couleur	879,4	
17-août	83	Éclaircissement et/ou changement de couleur en cours	961,4	
23-août	83		1023,65	
30-août	85	Véraison : les baies deviennent molles au toucher	1107,55	
06-sept	85		1148,2	
13-sept	85		1216,85	
20-sept	85		1264,25	

### Niveau d'infestation

Le développement de la vigne a été relativement lent en début de saison dans le vignoble Côte de Vaudreuil. La vigne est restée au stade prédébourrement (stade O3) pendant une dizaine de jours. L'évaluation du développement de la vigne a par la suite suivi un cours normal (Tab. III). Les traitements ont couvert les stades BBCH 03 (prédébourrement) à BBCH 55 (préfloraison). La présence des premières galles de phylloxera a été notée en date du 31 mai 2016 pour tous les traitements (Fig. 1). Une progression plus importante de l'infestation est observée à partir de la mi-juillet puis atteint un plateau au début du mois d'août. Le niveau d'infestation était plus élevé dans les parcelles témoin que dans toutes les parcelles traitées (LRT = 27,94; df = 3; p < 0,0001) (Fig. 1, 2). Le traitement Clutch réduisait davantage le niveau d'infestation que les traitements Assail et Movento (Fig. 2). Les applications hâtives de pesticides (entre le 28 avril et 9 mai) étaient moins efficaces que les applications réalisées entre le 16 mai et le 31 mai (LRT = 16,93; df = 8; p = 0,03) (Fig. 3). Il n'y avait pas d'effet interaction entre les traitements insecticides et le moment d'application (LRT = 13,96; df = 16; p = 0,60).

Figure 1 : Niveau d'infestation du phylloxera en fonction du temps. (T1 : Assail 70WP, T2 : Movento 240 SC, T3 : Clutch 50WDG)  
(Level of infestation of phylloxera as a function of time)

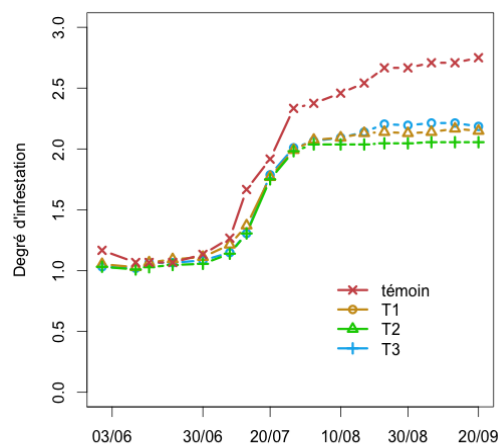


Figure 2. Niveau d'infestation du phylloxera en fonction du traitement. (T1 : Assail 70WP, T2 : Movento 240 SC, T3 : Clutch 50WDG)  
(Level of infestation of phylloxera according to treatment)

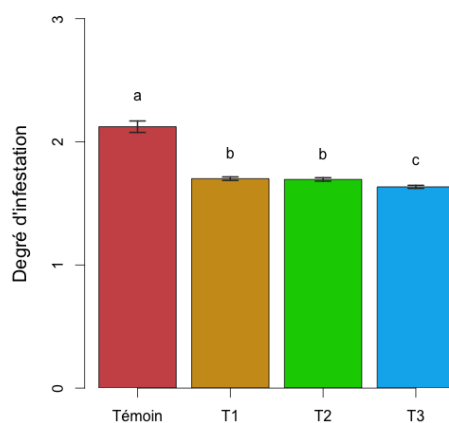


Figure 3. Niveau d'infestation du phylloxera en fonction du moment d'application des insecticides.  
 (Level of infestation of phylloxera according to timing of application of insecticides)

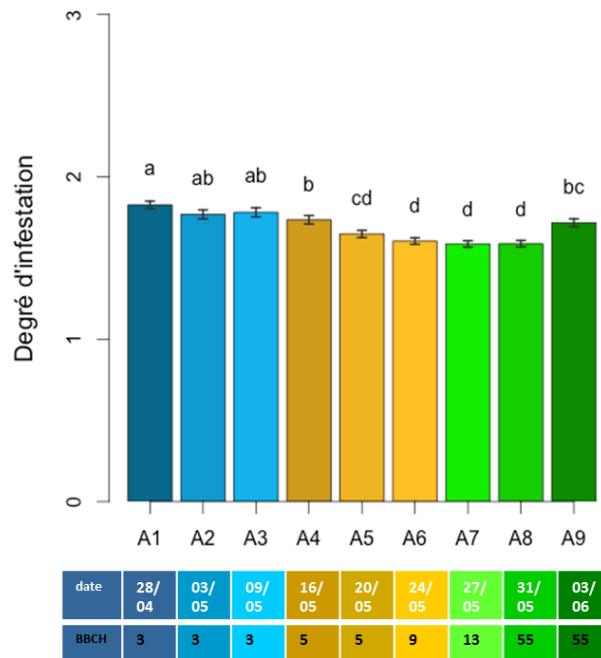
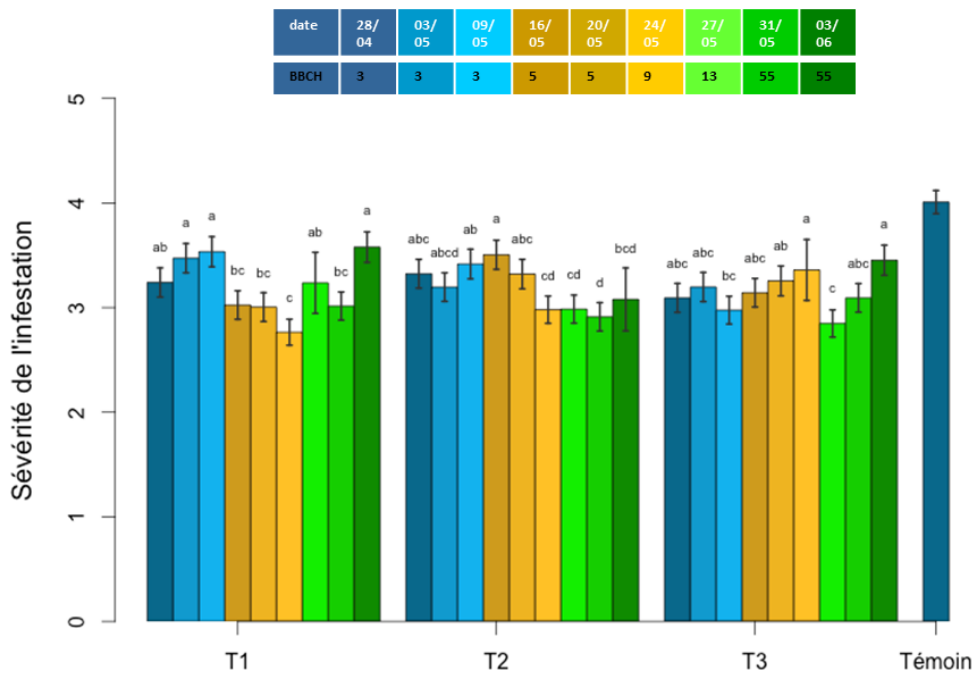


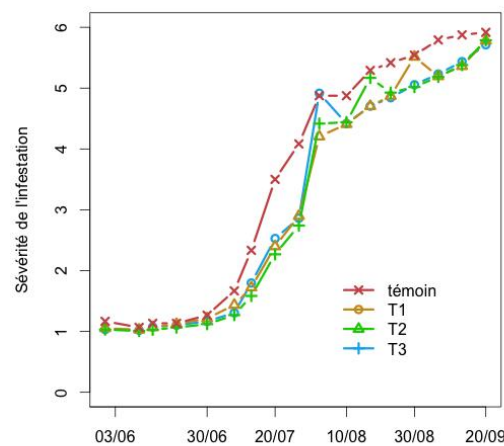
Figure 4 : Sévérité d'infestation par le phylloxera en fonction du traitement et du moment de l'application.  
 (Severity of phylloxera infestation depending on treatment and timing of application.)



### Sévérité de l'infestation

La sévérité de l'infestation par le phylloxera dépendait de l'interaction entre le type de traitement pesticide et le moment d'application ( $LRT = 52,51$ ;  $df = 16$ ;  $p < 0,0001$ ). Le plus haut niveau de sévérité d'infestation a été observé dans les parcelles témoin (Fig. 4). Pour le traitement Assail, la sévérité de l'infestation était la plus basse quand le pesticide était appliqué le 24 mai, au stade débourrement (stade 09). Pour le traitement Movento, le plus bas taux de sévérité d'infestation est observé lors d'une application le 31 mai au stade 55 (pré-floraison). Enfin, l'efficacité du traitement Clutch a été la plus importante pour l'application du 27 mai (stade 13). L'évolution de la sévérité d'infestation durant la saison 2016 démontre qu'il y a davantage de phylloxera dans les parcelles témoin que dans les parcelles avec traitements (Fig. 5).

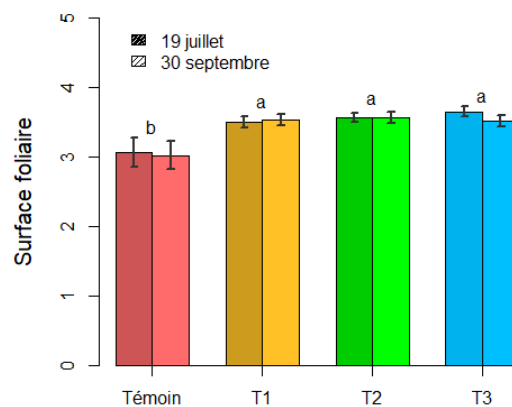
Figure 5. Évaluation de la sévérité d'infestation durant la saison 2016 en fonction des traitements. (Evaluation of the severity of infestation during the 2016 season according to the treatments)



### Surface foliaire

La présence du phylloxera a affecté la surface foliaire dans les différentes parcelles ( $F = 5,26$  ;  $df = 3$ ;  $p = 0,001$ ). On note que la surface foliaire est inférieure dans le traitement témoin comparativement aux autres traitements (Fig. 6).

Figure 6. Surface foliaire de la vigne à deux moments dans la saison en fonction du traitement. (T1 : Assail 70WP, T2 : Movento 240 SC, T3 : Clutch 50WDG) (Leaf area of the vine at two moments in the season depending on the treatment)



## DISCUSSION

Le suivi de population du phylloxera a été difficile à effectuer, et ce malgré les différents types de pièges utilisés. Ces pièges ont été utilisés avec efficacité dans plusieurs études pour le dépistage du phylloxera (Powell et al., 2001; Herbert et al., 2006). Des ajustements sur la mise en place des pièges seront apportés pour la saison 2017.

L'application des traitements insecticides a couvert la période de développement de la vigne du stade prédébourrement (BBCH 3) à la préfloraison (BBCH 55). L'application d'un traitement insecticide a eu un effet sur la population de phylloxera, en effet pour les trois produits de synthèse le niveau et la sévérité d'infestation étaient plus faibles que dans le témoin sans traitement. L'insecticide le plus efficace a été la clothianidine (Clutch). L'efficacité de ces produits a été démontrée par différentes études et les résultats obtenus sont comparables (Sleezer et al., 2011).

Le moment d'application de l'insecticide a aussi démontré un effet sur la répression du phylloxera. Les traitements effectués trop tôt en saison, période où il y a moins de feuillage, sont moins efficaces que lorsque le feuillage de la vigne commence à se déployer (débourrement, BBCH 05-13). Les trois produits utilisés sont des insecticides systémiques et requièrent une pénétration dans le système vasculaire de la plante. Donc en présence d'une trop faible quantité de feuilles, l'insecticide n'est pas absorbé par la plante et est inefficace (Johnson et al., 2009, 2010; Bergeron, 2010). À l'opposé, un traitement trop tardif, pré-floraison, perd de son efficacité. Dans le cas présent, la migration des femelles est déjà commencée, les individus (femelles, immatures et œufs) se retrouvent dans les galles et il est alors plus difficile de les cibler (Granett et al., 2001; Johnson et al. 2009). Les individus sont plus exposés et vulnérables lorsqu'ils se déplacent des feuilles matures (à la sortie de la galle) vers les nouvelles feuilles (Johnson et al., 2009; Sleezer et al., 2011). Toutefois, les stades qui se nourrissent des feuilles se doivent d'être ciblés avec des insecticides systémiques. Plusieurs auteurs recommandent de traiter tôt au printemps, au stade préfloraison ou floraison, suivi d'un second traitement 10 à 14 jours après (Granett et al. 1986; Dami et al., 2005), mais il est aussi recommandé de traiter lorsque l'on voit les premières formes mobiles jaunes sortir des galles (Johnson et al., 2009). Selon les résultats préliminaires obtenus, un traitement plus tôt en saison (stade débourrement) serait aussi efficace pour réduire la première génération de phylloxera.

Les résultats préliminaires obtenus démontrent une efficacité des trois insecticides évalués et il est préférable d'appliquer les produits en présence d'un minimum de feuillage déployé de façon à ce que l'insecticide systémique soit absorbé par la plante. La seconde année d'essais permettra de confirmer et de préciser les résultats obtenus, puis de proposer une méthode d'application précise aux viticulteurs.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs veulent remercier les techniciens du CRAM pour leur assistance sur le terrain ainsi que Serge Primi, propriétaire du vignoble Côte de Vaudreuil, pour sa participation au projet et l'accès au vignoble. Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord Cultivons l'Avenir 2 conclu entre le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

## REFERENCES

- Al-Antary, T.M., Nazer, I.K., Qudeimat, E.A., 2008. Population trends of grape phylloxera, *Daktulospharia (Viteus) vitifoliae* Fitch. (Homoptera : Phylloxeridae) and effect of two insecticides on its different stages in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 4, 343-349
- Bates D, MaËchler M, Bolker B, Walker S., 2016. lme4: linear mixed-effects models using S4 classes. R package version 0.999999±2. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bergeron, L., 2010. Phylloxera de la vigne. Bulletin d'information no. 02, 6 mai 2010. Réseau d'avertissements phytosanitaires, Vigne. MAPAQ. 4p.
- Bernard, M., Horne, P.A., Papacek, D., Jacometti, M.A., Wratten, S.J., Evans, K., 2007. Guidelines for environmentally sustainable wine grape production in Australia: IPM adoption self-assessment guide for growers. *Australian New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 51,:26-36.

- Bostanian, N.J., Hardman, J.M., Thistlewood, H.M.A., Racette, G., 2010. Effects of six selected orchard insecticides on *Neoseiulus fallacis* (Acari : Phytoseiidae) in the laboratory. *Pest Management Science*, 66, 1263-1267.
- Dami, I. E., Bordelon, B., Ferree, D. C., Brown, M., Ellis, M. A., William, R. N., Doohan, D., 2005. Midwest Grape Production Guide. The Ohio State Univ. Coop. Extension. Service. Bulletin, 919-5.
- Dubé, G., Turcotte, I., 2011. *Guide d'identification des cépages de cultivés en climat froid, cépages de cuves*. Richard Grenier Éditeur. 216 p.
- Forneck, A., Huber, L., 2009. (A) sexual reproduction-a review of life cycle of grape phylloxera, *Daktulospharia vitifoliae*. *Entomologia Experimentalis and Applicata*, 131, 1-10.
- Granett, J., Timper, P., White, J., 1986. Grape Phylloxera., *Daktulosphaira vitifoliae* (Homoptera: Phylloxeridae), Susceptibility to Carbofuran: Stage and Clonal Variability. *Journal of economic entomology*, 79, 1096-1099.
- Granett, J., Walker, M.W., Kocsis, L., Omer, A.D., 2001. Biology and management of grape Phylloxera. *Annual Review of Entomology*, 46, 387-412.
- Herbert, K.S., Hoffmann, A.A., Powell, K.S., 2006. Changes in grape phylloxera abundance in ungrafted vineyards. *Journal of economic entomology*, 99, 1774-1783.
- Herbert, K.S., Hoffmann, A.A., Powell, K.S., 2008. Assaying the potential benefits of thiamethoxam and imidacloprid for phyloxera suppression and improvements to grapevine vigour. *Crop Protection*, 27, 1229-1236.
- Jonhson, D.T., Lewis, B., 2010. Management of Grape Phylloxera, Grape berry moth and Japanese Beetles. Proceeding of the Symposium on Advances in Vineyard Pest Management. Mid-West Grape and wine conference, Osage Beach. Missouri. P.63-71.
- Johnson, D., Sleezer, S., Lewis, B., 2009. Biology and management of grape phylloxera. University of Arkansas, Division of Agriculture, FSA7074, Arkansas. 4p.
- Jubb, G.L., 1976. Grape phylloxera. Incidence of foliage damage to wine grapes in Pennsylvania. *Journal Economic Enthomology*, 69, 763-766.
- Leuty, T., Ker., K., 1997. Phylloxera de la vigne. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. Agdex 231/612 no. 97-156. 5p.
- McLeod, M.J., Williams, R.N., 1990. Evaluation of compounds for control of foliar grape phylloxera, *Daktulosphaira mvitifoliae* (Fitch) in Ohio. Research Circulae, Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center 297, 60-62.
- Nazer, I.K., Al-Antary, T.M., Jbara, R.A., 2006. Chemical control of grape Phylloxera *Daktulospharia (Viteus) vitifoliae* Fitch. (Homoptera : Phylloxeridae) using three chemical soil treatments. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2, 338-347.
- Powell, K.S., 2008. Grape Phylloxera: An overview. *Dans JohnsonS.N., Murray, P.J.. Root Feeders. An ecosystem perspective*. CABI, Cambridge, USA. p.96-114.
- Powell, K. S., Slattery, W. F., Deretic, J., Herbert, K., Hetherington, S., 2001. Influence of soil type and climate on the population dynamics of grapevine phylloxera in Australia. In Workshop on Rootstocks Performance in Phylloxera Infested Vineyards 617 (pp. 33-41).
- Sleezer, S., Johnson, D.T., Lewis, B., Goggin, F., Rothrock, C., Savin, M., 2011. Foliar grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch), seasonal biology, predictive model and management in the Ozarks region of the United States. Proceeding of the 5<sup>th</sup> International Phylloxera Symposium. *Acta Horticulturae*, 904, 151-156.
- Wold-Burkness, S., 2011. Grape Phylloxera. University of Minnesota, Departement of Entomology, Minnesota. p. 41-42.
- Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM., 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer New York.