

Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert,
sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire
québécoise en agriculture

TITRE DU PROJET : Développement de la biodiversité
fonctionnelle en verger de pommiers à l'aide de bandes
florales

NUMÉRO DU PROJET :

CETA-1-11-1559

Réalisé par :

Madame Noémie Gagnon Lupien, M.Sc. biologiste

Monsieur Jean Duval, Ph. D. agronome

Monsieur Pierre Jobin, pomiculteur



DATE : 31 janvier 2014

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce
rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent
aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de
l'Alimentation.

Développement de la biodiversité fonctionnelle en verger de pommiers à l'aide de bandes florales

Noémie Gagnon-Lupien¹, M.Sc. biologiste, Jean Duval¹, Ph. D. agronome et Pierre Jobin²,
pomiculteur

Durée : 03/2012 – 03/2014

FAITS SAILLANTS (résumé du projet)

L'objectif de ce projet était de comparer deux mélanges d'espèces florales, un dit sauvage, l'autre dit cultivé, quant à leur facilité de gestion en verger commercial et à leur efficacité à favoriser la biodiversité fonctionnelle. L'expérience s'est déroulée sur deux sites, l'un à Victoriaville et l'autre à Frelighsburg, où un premier semis a été effectué au printemps 2012. L'établissement des mélanges étant très faible à Victoriaville en 2012, dû à un envahissement majeur par les mauvaises herbes, un deuxième semis a été réalisé au printemps 2013 sur la moitié des parcelles. La floraison et l'établissement des mélanges de plantes ont été suivis, ainsi que les populations et les dégâts de carpocapses de la pomme (*Cydia pomonella*) dans les parcelles avec bandes florales ainsi que dans des parcelles témoin. À Victoriaville en 2013, nous avons également capturé et identifié les insectes présents dans les parcelles. L'établissement des plantes a été inégal au niveau des 12 espèces de chaque mélange et entre les parcelles. Les mélanges présentaient globalement une floraison continue tout au long de la saison, mais d'abondance variable. Sans pouvoir recommander un mélange plus qu'autre, nos résultats nous permettent de cibler les espèces qui présentent le plus d'intérêt, basées sur leur capacité d'établissement et leur floraison abondante et continue. Pour l'effet sur le carpocapse, un gel des fleurs au site de Frelighsburg en avril 2012 et leur très faible abondance en 2013 sur les deux sites ont compromis cette partie du projet. À Victoriaville en 2012, nous avons toutefois constaté que les fruits des pommiers entourant le mélange sauvage comptaient moins de dommages de carpocapses et de tordeuses que ceux des autres traitements. Nous attribuons ce résultat à l'entretien de parasitoïdes qu'aurait favorisé ce mélange. Les captures d'insectes réalisées sur ce même site en juillet et août 2013 nous permettent de dire que les deux types de bandes florales augmentent la richesse et la diversité d'insectes présents près des pommiers. Le mélange cultivé se démarque également par une plus forte abondance d'insectes.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif du projet était de comparer deux mélanges d'espèces florales quant à leur facilité de gestion en verger commercial et à leur efficacité à favoriser la biodiversité fonctionnelle. Un dispositif en blocs aléatoires complets comprenant trois traitements et quatre répétitions a été mis en place dans deux vergers, l'un à Victoriaville, l'autre à Frelighsburg. Les trois traitements étaient : 1) mélange de plantes sauvages, 2) mélange de plantes cultivées et 3) un témoin qui est le couvre-sol habituel du verger. La composition des mélanges de plantes et le taux de semis sont détaillés à l'annexe I. Les zones d'implantation d'environ 30 min 2 s chacune étaient séparées par au moins 25 m les unes des autres. À Victoriaville, nous avons procédé à un travail de sol et à un deuxième semis au printemps 2013, sur une moitié seulement de chacune des parcelles (annexe I). Les paramètres mesurés pour chaque parcelle étaient : le nombre des plants pour chacune des espèces des mélanges (trois quadrats de 0,1 m², en juin et septembre); de façon hebdomadaire, la floraison et le nombre de carpocapses capturés dans un piège à phéromone; le nombre cumulatif de pupes de carpocapse dans dix pièges-troncs à la fin septembre et les dégâts d'insectes présents sur 10 pommes x 10 pommiers jouxtant les parcelles au début de septembre. En 2013 à Victoriaville, les insectes présents dans les parcelles ont aussi été capturés au filet fauchoir deux fois par semaine en juillet et août, et identifiés à

¹ Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Cégep de Victoriaville, Victoriaville (Québec)

² Ferme du Haut-Vallon, Frelighsburg (Québec)

la famille.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE OU POUR LA DISCIPLINE

Établissement des mélanges floraux (annexe II)

Les deux mélanges floraux semés en 2012 comportaient 12 espèces, dont quatre dominaient volontairement à plus de 60 % le mélange sur la base du nombre de graines (annexe I). En 2012, les espèces du mélange cultivé se sont mieux établies à Frelighsburg (51 %) qu'au verger de Victoriaville (29 %), et l'écart s'est creusé davantage en 2013 (Frelighsburg 30 %; Victoriaville 6 %). Pour le mélange sauvage, le pourcentage d'établissement était relativement élevé et le même pour les deux sites, soit 42 %. En 2013, on retrouvait cependant un taux d'établissement très faible sur les deux sites (Victoriaville 10 %; Frelighsburg 17 %). Le pourcentage d'établissement des espèces variait beaucoup d'un site et même d'une parcelle à l'autre. Toutefois, certaines espèces se sont démarquées au niveau de leur capacité d'établissement.

C'est le cas du sarrasin, de la carotte et de la moutarde blanche, qui constituaient plus de 50 % des semences du mélange cultivé, et qui se sont tous bien établis avec 40 à 100 % d'établissement à Frelighsburg en 2012. À Victoriaville, seule la moutarde blanche était dominante (59 % d'établissement), mais, bien qu'elle ne représente que 4 % des graines semées, l'alysson s'y était également bien établi (63 %). En 2013, la rudbeckie était bien établie sur les deux sites (Frelighsburg 90 %; Victoriaville 41 %), ainsi que la carotte (86 %) et l'anthémis (98 %) à Frelighsburg. Dans le mélange sauvage en 2012, deux des espèces dominantes, soit la moutarde brune et le mélilot, se sont bien établies (51 à 100 %) sur les deux sites. Le pourcentage d'établissement de la phacélie était aussi important sur les deux sites (Frelighsburg 83 %; Victoriaville 100 %) et à Victoriaville, celui du silène (71 %) et de l'achillée (42 %). En 2013, le portrait était très différent entre les deux sites. À Victoriaville, seuls la moutarde brune (64 %) et le silène (37 %) étaient abondants, alors qu'à Frelighsburg, l'achillée (59 %), la monarde (56 %) et le mélilot jaune dans une moindre mesure (20 %) étaient les plantes les mieux établies.

Globalement, on a constaté un faible taux d'établissement des bisannuelles et des vivaces des deux mélanges initiaux lors de la deuxième année du projet. Les nouveaux mélanges semés à Victoriaville en 2013, composés principalement de plantes annuelles s'étant bien établies en 2012, ont semblé toutefois corriger la situation. À noter que le taux de semis a été doublé en 2013 et que, pour les parcelles cultivées, l'alysson et la féverole ont été semées en bande plutôt que dans le mélange pour faciliter leur établissement. Cette technique semble avoir porté ses fruits, puisque le nouveau mélange cultivé s'est cette fois mieux établi (52 %) que le mélange sauvage (32 %). Pour le mélange cultivé, cinq des six espèces semées se sont bien établies, seule l'anthémis présentait un pourcentage d'établissement relativement faible (23 %). Dans le mélange sauvage, le silène s'est mieux établi (42 %) que la phacélie (22 %) dans les parcelles.

Floraison (Annexe III)

Lors de la première année du projet, la floraison a débuté avant le début des inventaires pour les deux mélanges et elle s'est poursuivie jusqu'en septembre. À Frelighsburg, seulement cinq espèces du mélange cultivé ont fleuri (carotte, moutarde blanche, alysson, féverole et sarrasin). Dans chaque parcelle, la floraison était peu diversifiée

; la parcelle était soit dominée par de hauts plants de moutarde blanche ou de sarrasin, de telle sorte que nous croyons que ces plantes ont probablement limité l'établissement et la floraison des autres espèces du mélange. Sur le site de Victoriaville, huit espèces du mélange cultivé ont fleuri (agastache, alysson, anthémis, carotte, féverole, moutarde blanche, sarrasin, trèfle ladino). Nous avons observé une floraison assez diversifiée et continue tout au long de la saison, quoique peu abondante. Il faut d'ailleurs noter que les mesures prises en 2012 ne tiennent pas compte de l'abondance de fleurs dans chacune des parcelles. Dû à un envahissement important par le chiendent dans la majorité des parcelles à Victoriaville, on y retrouvait malheureusement souvent peu de plantes en fleur

comparativement au site de Frelighsburg. Il en est de même pour les parcelles du mélange sauvage. Pour ce mélange, la moutarde brune, la phacélie et le silène sont les seules espèces à avoir fleuri en 2012, et ce, sur les deux sites.

En 2013, la floraison du mélange cultivé a débuté à Frelighsburg à la mi-juin avec le trèfle ladino et l'anthémis, suivi par la rudbeckie et la carotte assurant une floraison abondante jusqu'en septembre. Quelques plants de sarrasin ont également fleuri. Grâce au deuxième semis à Victoriaville, l'alysson et le sarrasin nous ont permis d'avoir une floraison abondante et continue de juin à septembre. S'ajoute à cela, en juillet, une floraison abondante de moutarde blanche et, dans une moindre mesure, de fève. Seules quelques plantes semées en 2012 ont fleuri à Victoriaville en 2013, soit des plants d'anthémis et de carotte seulement. Pour le mélange sauvage, sur le site de Frelighsburg, la floraison était abondante au début de la deuxième saison. D'abord la julienne des dames était en fleur dès le mois de mai, suivi par l'achillée, et surtout le mélilot, qui était très abondant. Toutefois, à partir du mois d'août, seuls quelques plants de monardes et de silènes ont fleuri. À Victoriaville, la julienne des dames et l'achillée ont également fleuri, mais elles étaient peu abondantes. On a aussi observé quelques plants de bidens en fleur. Cependant, la floraison a surtout été assurée par les espèces semées en 2013 : moutarde brune, phacélie et silène. Ces dernières nous ont permis d'avoir une floraison abondante et continue de juin à septembre.

Intérêt de chaque espèce florale

Malgré un établissement très variable des différentes espèces qui a influencé l'abondance de la floraison, en regroupant les résultats des deux années et des deux sites, certaines espèces végétales se démarquent dans chacun des mélanges. Nos résultats ne nous permettent pas de recommander un mélange plutôt qu'un autre, mais il nous est possible d'évaluer l'intérêt des espèces à l'étude en regard à leur capacité à s'établir et sur le plan de l'abondance et de la durée de leur floraison (tableau 1). Certaines espèces semblent toutefois peu compétitives dans un mélange et devraient probablement être semées en massif pur ou avec des espèces moins envahissantes pour assurer un bon établissement et une floraison optimale. Différentes caractéristiques du sol et de l'environnement en général peuvent expliquer les différences d'établissement entre les parcelles, mais il nous paraît surtout évident que le travail du sol et surtout un désherbage plus important sur le site de Frelighsburg ont permis globalement un meilleur établissement des espèces. Une combinaison d'espèces annuelles permettant une floraison rapide la première année et de plantes bisannuelles ou vivaces qui permettent une floraison à plus long terme reste selon nous une option intéressante. À la lumière de nos résultats, il faut cependant éviter d'inclure les espèces qui s'établissent plus tardivement dans un mélange composé de plantes très compétitives, comme les moutardes et le sarrasin. Un semis chaque année de plantes annuelles, comme nous l'avons fait à Victoriaville en 2013, semble aussi à privilégier pour assurer un couvert floral abondant dès le début de la saison.

Carpocapses et autres lépidoptères ravageurs (Annexe IV)

Un gel des fleurs au site de Frelighsburg en avril 2012 et une très faible abondance de carpocapses en 2013 sur les deux sites ont compromis cette partie du projet. Pour les inventaires de 2012 à Victoriaville, nous n'avons d'abord pas observé de différences entre les traitements au niveau du nombre de captures de carpocapse de la pomme dans les pièges à phéromones comme dans les pièges troncs. Par contre, pour ce qui est des dégâts sur les fruits, on a observé significativement moins de dommages de carpocapse de la pomme et de petit carpocapse par arbre près des parcelles du mélange sauvage ($\bar{x}=0,30\pm 0,08$) comparativement aux parcelles témoin ($\bar{x}=0,70\pm 0,12$) et au mélange cultivé ($\bar{x}=0,83\pm 0,14$). On a aussi observé significativement moins de dommages de tordeuses (bandes obliques et bandes rouges) par arbre dans les parcelles du mélange sauvage ($\bar{x}=0,40\pm 0,17$) comparativement au témoin ($\bar{x}=0,70\pm 0,14$). Une explication possible de ce résultat est que la floraison de certaines plantes du mélange sauvage aurait favorisé le parasitisme des œufs de carpocapses. Or, il y avait très peu de plantes en fleur au moment du pic de capture des carpocapses de seconde génération dans la première quinzaine du mois d'août. Nous pensons que ce sont plutôt certaines espèces en fleurs dans la deuxième moitié de juillet, soit la phacélie et le silène, qui ont pu faire en

sorte d'assurer la survie et le maintien des populations de parasitoïdes dans les parcelles du mélange sauvage et leur rôle subséquent dans la diminution des dommages de carpocapses et possiblement de tordeuses également. La phacélie est d'ailleurs connue depuis longtemps pour attirer certains hyménoptères parasitoïdes (Van den Bosch et Telford, 1964; Duval, 1992). En 2013, nous n'avons malheureusement pas pu faire d'analyses pour les dégâts de carpocapses à cause du faible nombre d'observations (n=13), et pour les tordeuses, nous n'avons pas observé de différences significatives entre les traitements.

Tableau 1. Évaluation de la capacité d'établissement et de la floraison pour les 24 espèces des deux mélanges à l'étude, sur une échelle de 0 à 5 (où 5 indique une excellente performance).

Nom vernaculaire	Nom latin	Établissement	Floraison
Agastache fenouil	<i>Agastache foeniculum</i>	2	1
Anthémis des teinturiers	<i>Anthemis tinctoria</i>	3	3
Aster d'automne	<i>Aster novae-angliae</i>	1	0
Moutarde blanche	<i>Brassica juncea</i>	4	4
Saponaire commune	<i>Saponaria officinalis</i>	1	0
Carotte	<i>Daucus carota</i>	5	4
Sarrasin commun	<i>Fagopyron esculentum</i>	5	5
Fenouil commun	<i>Foeniculum vulgare</i>	2	0
Alysson maritime	<i>Lobularia maritima</i>	4	5
Rudbeckie	<i>Rudbeckia hirta</i>	4	4
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>	3	3
Fèverole	<i>Vicia faba minor</i>	3	3
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	4	4
Angélique à tige pourpre	<i>Angelica atropurpurea</i>	0	0
Bident penché	<i>Bidens cernua</i>	1	2
Moutarde brune	<i>Brassica juncea</i>	5	4
Dalée violette	<i>Dalea purpurea</i>	1	0
Julienne des Dames	<i>Hesperis matronalis</i>	2	3
Mélilot jaune	<i>Melilotus officinalis</i>	4	4
Monarde fistuleuse	<i>Monarda fistulosa</i>	4	3
Phacélie à feuilles de Tanaisie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	5	4
Silène arméria	<i>Silene armeria</i>	4	4
Verge d'or	<i>Solidago canadensis</i>	0	0
Zizia doré	<i>Zizia aurea</i>	1	0

Note : La trame de fond grise indique les espèces qui ressortent comme les plus intéressantes en fonction de ces deux critères.

Insectes dans les bandes florales (Annexe V)

Les captures ont été réalisées au filet fauchoir en juillet et août 2013 à Victoriaville seulement. D'abord, on a capturé significativement plus d'insectes dans les parcelles du mélange cultivé ($\bar{x}=46,5\pm 3,2$) que dans les parcelles témoin ($\bar{x}=27,3\pm 2,3$) et celles du mélange sauvage ($\bar{x}=28,2\pm 2,3$). Pour la richesse en nombre de famille, on a dénombré significativement plus de familles dans le mélange cultivé ($\bar{x}=11,6\pm 0,4$) que pour les deux autres traitements, et plus de familles dans les bandes sauvages ($\bar{x}=8,9\pm 0,4$), comparativement au témoin ($\bar{x}=7,0\pm 0,4$). Pour ce qui est de la diversité (indice de Shannon-Weaver), nous avons observé une plus grande diversité d'insectes dans les deux mélanges floraux comparativement au témoin ($\bar{x}=1,41\pm 0,05$), mais pas de différence significative entre cultivé ($\bar{x}=1,80\pm 0,04$) et sauvage ($\bar{x}=1,73\pm 0,05$). On observe donc un gain de richesse et de diversité d'insectes présents dans les deux mélanges floraux, comparativement au couvre-sol naturel du verger. C'est particulièrement le cas pour le mélange cultivé où les insectes sont aussi plus abondants. Notons que sur le site, l'abondance et la diversité d'espèces en fleurs étaient plus importantes dans le mélange

cultivé lors de la période de captures en juillet et août, comparativement au mélange sauvage. Il n'est donc pas étonnant que ce mélange ait attiré plus d'insectes et de familles d'insectes différentes.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Ce projet nous permet donc de conclure qu'il y a un intérêt faunique à planter des bandes florales dans un verger. Toutefois, l'utilisation de mélanges floraux très complexes n'est peut-être pas la solution à privilégier. Il faudrait donc travailler à développer une technique d'implantation de bandes florales plus efficace, en se concentrant particulièrement sur les espèces qui ressortent comme ayant le plus de potentiel suite à notre étude. Semer à la fois des vivaces et des annuelles reste intéressant pour maximiser la floraison, mais pour favoriser l'établissement des espèces, il faudrait repenser la disposition de chacune dans les bandes florales. On retrouve souvent peu de fleurs dans le couvre-sol des vergers au Québec. Pourtant, il est connu qu'une floraison abondante, continue et assez diversifiée permet d'attirer la faune auxiliaire. Nos résultats montrent clairement que la présence de bandes florales augmente la richesse et la diversité des insectes près des pommiers et peut même diminuer les dégâts de certains lépidoptères ravageurs. Lorsque la floraison est abondante et assez diversifiée au milieu de l'été, comme dans le cas du mélange cultivé à Victoriaville en 2013, le nombre de captures d'insectes est aussi plus important. Une analyse plus détaillée des espèces d'insectes présentes dans les bandes florales serait toutefois nécessaire pour pouvoir conclure au pouvoir attractif des espèces florales pour la faune auxiliaire, et particulièrement pour les insectes parasitoïdes.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Noémie Gagnon Lupien

Téléphone : 819-758-6401 poste 2782

Courriel : noemie.gagnon.lupien@cetab.org

AUTRES TRAVAUX OU RÉFÉRENCES SUR LE MÊME SUJET

Duval, J. 1992. La phacélie. McGill University. Agro-bio 350-03. (consulté en ligne :

<http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab350-03.htm>)

Duval, J. 1993. Plantes compagnes et couvre-sol floraux pour la lutte biologique des ravageurs en verger. McGill University. Agro-bio 330-09. (consulté en ligne : <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-09.htm>)

Van den Bosch, R. et A.D. Telford. 1964. Environmental modification and biological control. pages 459-488. *Extrait de* : DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and Hall. Londres.

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11 — Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. L'équipe de réalisation du projet tient à remercier ces instances pour leur implication financière, sans laquelle le projet n'aurait pu se concrétiser.

L'équipe de réalisation du projet tient à remercier également le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour sa participation financière dans le volet de captures d'insectes dans les bandes florales, sans lequel cette partie du projet n'aurait pu se concrétiser.

Annexe I. Composition des mélanges floraux

Tableau 1. Proportion (en nombre de graines) de chacune des espèces dans le mélange **cultivé**.

Nom vernaculaire	Nom latin	Proportion dans le mélange 2012	Proportion dans le mélange 2013—Victoriaville
Agastache fenouil	<i>Agastache foeniculum</i>	5 %	.
Anthémis des teinturiers	<i>Anthemis tinctoria</i>	4 %	22 %
Aster d'automne	<i>Aster novae-angliae</i>	5 %	.
Moutarde blanche	<i>Brassica juncea</i>	18 %	16 %
Saponaire commune	<i>Saponaria officinalis</i>	5 %	.
Carotte	<i>Daucus carota</i>	16 %	.
Sarrasin commun	<i>Fagopyron esculentum</i>	18 %	17 %
Fenouil commun	<i>Foeniculum vulgare</i>	4 %	.
Alysson maritime	<i>Lobularia maritima</i>	4 %	22 %
Rudbeckie	<i>Rudbeckia hirta</i>	4 %	.
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>	20 %	23 %
Fèverole	<i>Vicia faba minor</i>	.	.

*La fèverole ne faisait pas partie du mélange vu la taille et le poids très important des semences. Elle a été semée à raison de 4 graines/m² en 2012 et en 2013 (Victoriaville seulement pour 2013).

Note : Le taux de semis du mélange étant de 3,4 g/m² dans les parcelles en 2012 et de 6,8 g/m² en 2013.

Tableau 2. Proportion (en nombre de graines) de chacune des espèces dans le mélange **sauvage**.

Nom vernaculaire	Nom latin	Proportion dans le mélange 2012	Proportion dans le mélange 2013—Victoriaville
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	17 %	.
Angélique à tige pourpre	<i>Angelica atropurpurea</i>	4 %	.
Bident penché	<i>Bidens cernua</i>	4 %	.
Moutarde brune	<i>Brassica juncea</i>	16 %	.
Dalée violette	<i>Dalea purpurea</i>	4 %	.
Julienne des Dames	<i>Hesperis matronalis</i>	5 %	.
Mélilot jaune	<i>Melilotus officinalis</i>	17 %	.
Monarde fistuleuse	<i>Monarda fistulosa</i>	4 %	.
Phacélie à feuilles de Tanaisie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	4 %	50 %
Silène arméria	<i>Silene armeria</i>	5 %	50 %
Verge d'or	<i>Solidago canadensis</i>	4 %	.
Zizia doré	<i>Zizia aurea</i>	16 %	.

Note : Le taux de semis du mélange étant de 1 g/m² dans les parcelles en 2012 et de 2 g/m² en 2013.

Annexe II. Établissement des mélanges floraux

Le pourcentage d'établissement de chacune des espèces a été évalué en considérant le nombre théorique de graines semées par unité de surface et en le comparant au nombre de plants moyen observé lors des échantillonnages en juin et septembre dans chaque parcelle.

Tableau 1. Pourcentage d'établissement des espèces du mélange **cultivé** semé en 2012 pour les sites de Victoriaville et de Frelighsburg sur les deux ans du projet.

Espèces	2012		2013	
	Victoriaville	Frelighsburg	Victoriaville	Frelighsburg
Agastache fenouil	2 %	14 %	0 %	11 %
Anthémis des teinturiers	8 %	35 %	2 %	98 %
Aster d'automne	0 %	3 %	0 %	0 %
Moutarde blanche	59 %	40 %	0 %	0 %
Saponaire commune	0 %	0 %	0 %	2 %
Carotte	23 %	71 %	25 %	86 %
Sarrasin commun	26 %	100 %	0 %	2 %
Fenouil commun	8 %	27 %	0 %	0 %
Alysson maritime	63 %	33 %	0 %	0 %
Rudbeckie	22 %	13 %	41 %	90 %
Trèfle blanc	24 %	25 %	1 %	34 %
Fèverole	31 %	21 %	0 %	0 %
Total	29 %	51 %	6 %	30 %

Note : Les espèces en gris sont celles qui dominent le mélange en ce qui concerne le nombre de graines (16 à 20 % du nombre total de graines).

Tableau 2. Pourcentage d'établissement des espèces du mélange **sauvage** semé en 2012 pour les sites de Victoriaville et de Frelighsburg sur les deux ans du projet.

Espèces	2012		2013	
	Victoriaville	Frelighsburg	Victoriaville	Frelighsburg
Achillée millefeuille	42 %	26 %	8 %	59 %
Angélique à tige pourpre	0 %	0 %	0 %	0 %
Bident penché	0 %	0 %	2 %	0 %
Moutarde brune	100 %	100 %	64 %	4 %
Dalée violette	0 %	0 %	2 %	0 %
Julienne des Dames	0 %	0 %	1 %	14 %
Mélilot jaune	51 %	91 %	0 %	20 %
Monarde fistuleuse	0 %	0 %	9 %	56 %
Phacélie à feuilles de Tanaisie	100 %	83 %	0 %	0 %
Silène arméria	71 %	16 %	37 %	0 %
Verge d'or	0 %	0 %	0 %	0 %
Zizia doré	0 %	0 %	0 %	2 %
Total	42 %	42 %	10 %	17 %

Note : Les espèces en gris sont celles qui dominent le mélange en ce qui concerne le nombre de graines (16 à 17 % du nombre total de graines).

Tableau 3. Pourcentage d'établissement des espèces du mélange **cultivé** semé en 2013 sur le site de Victoriaville.

Espèces	Pourcentage d'établissement
Anthémis des teinturiers	23 %
Moutarde blanche	100 %
Sarrasin commun	58 %
Alysson maritime	51 %
Trèfle blanc	42 %
Fèverole	100 %
Total	52 %

Tableau 4. Pourcentage d'établissement des espèces du mélange **sauvage** semé en 2013 sur le site de Victoriaville.

Espèces	Pourcentage d'établissement
Phacélie à feuilles de Tanaisie	22 %
Silène arméria	42 %
Total	32 %

Annexe III. Floraison des mélanges floraux

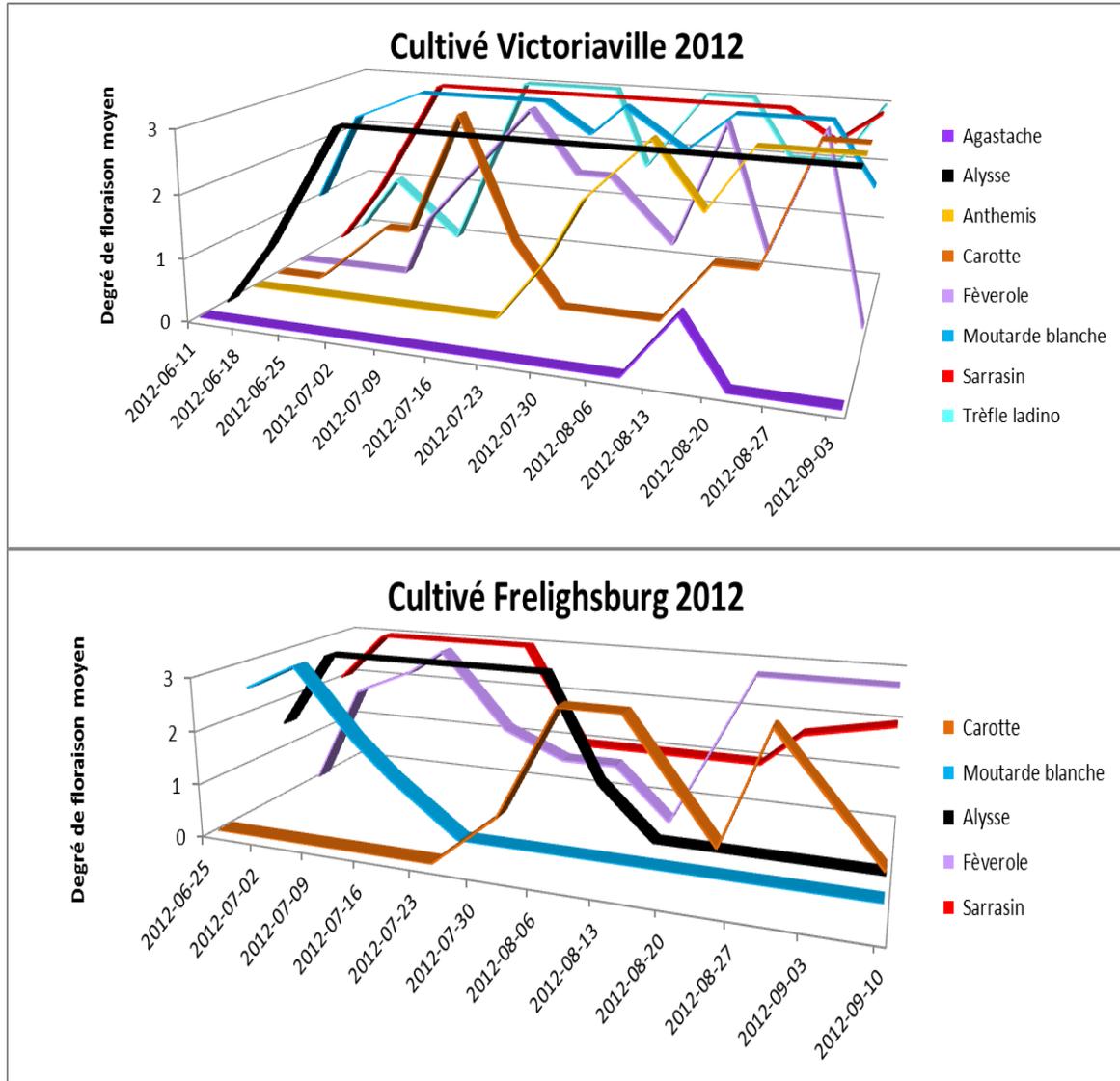


Figure 1. Évaluation du degré de floraison des espèces qui composent le mélange cultivé en fonction du temps de juin à septembre 2012 sur deux sites. Le degré de floraison étant défini comme suit : 0) aucun plant en fleur, 1) au moins un plant au début ou à la fin de sa floraison, et 3) au moins un plant au pic de floraison.

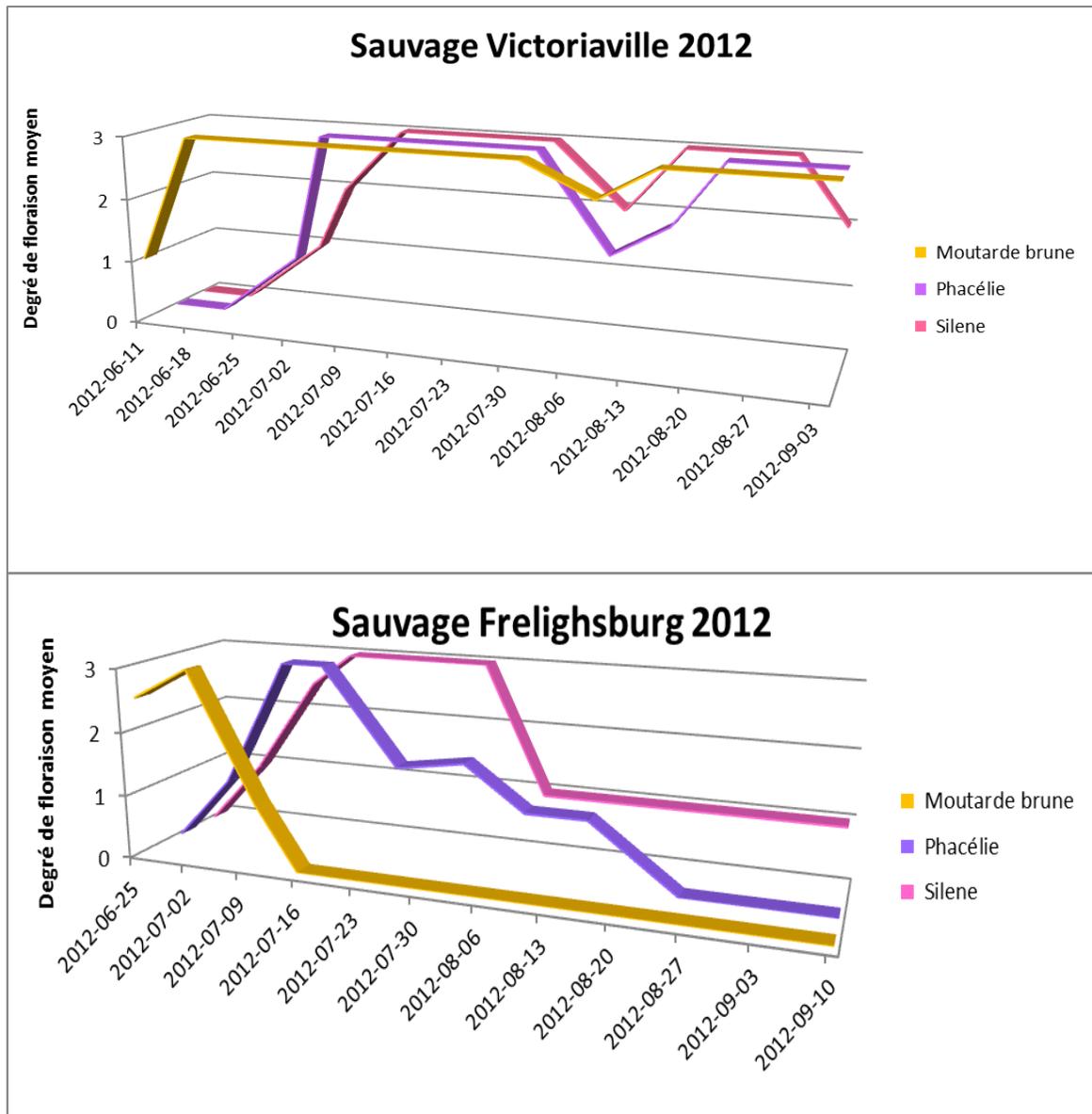


Figure 2. Évaluation du degré de floraison des espèces qui composent le mélange sauvage en fonction du temps de juin à septembre 2013 sur deux sites. Le degré de floraison étant défini comme suit : 0) aucun plant en fleur 1) au moins un plant au début ou à la fin de sa floraison, et 3) au moins un plant au pic de floraison.

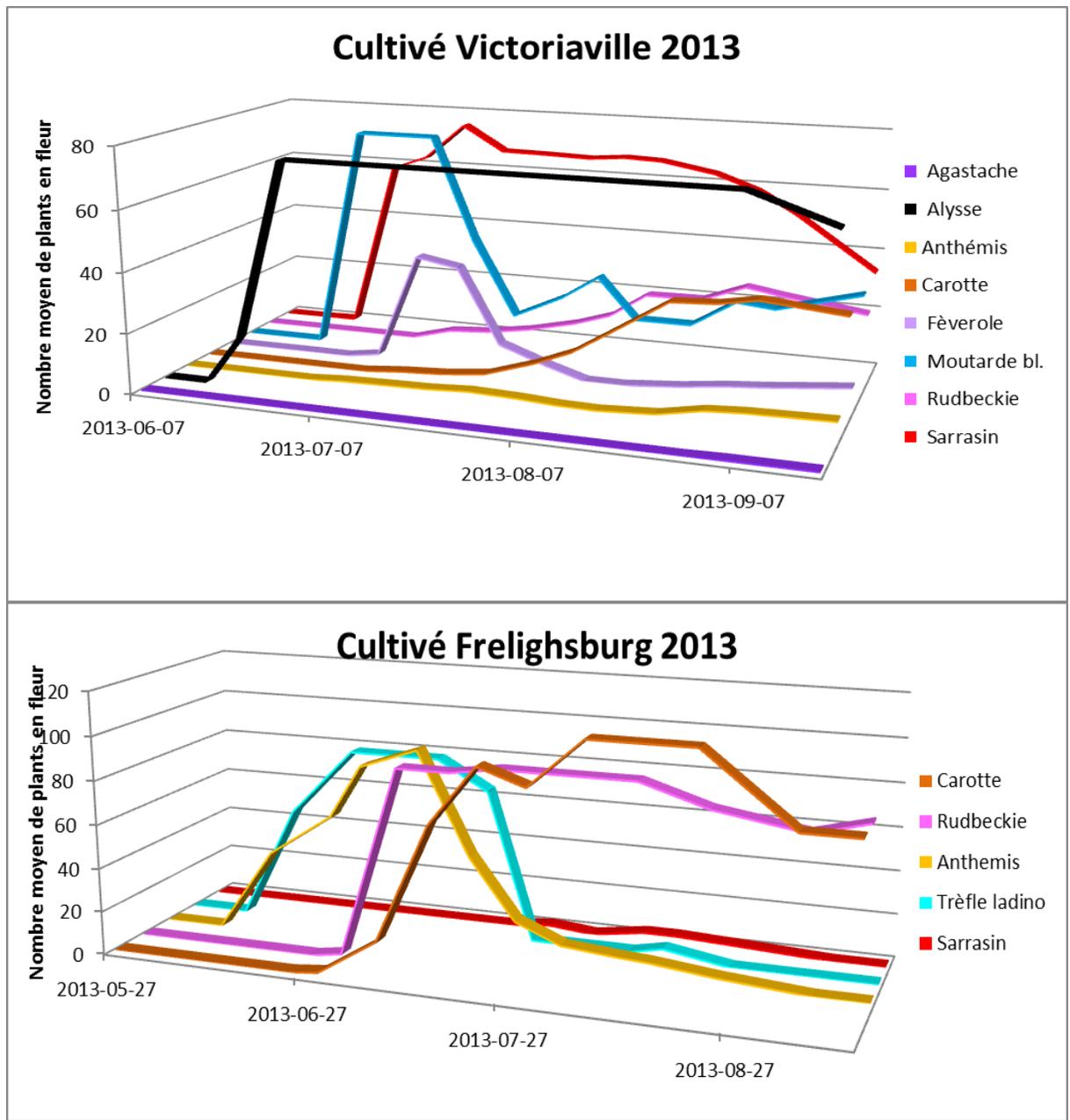


Figure 3. Nombre moyen de plants en fleur pour les espèces qui composent le mélange cultivé en fonction du temps de juin à septembre 2013 sur deux sites.

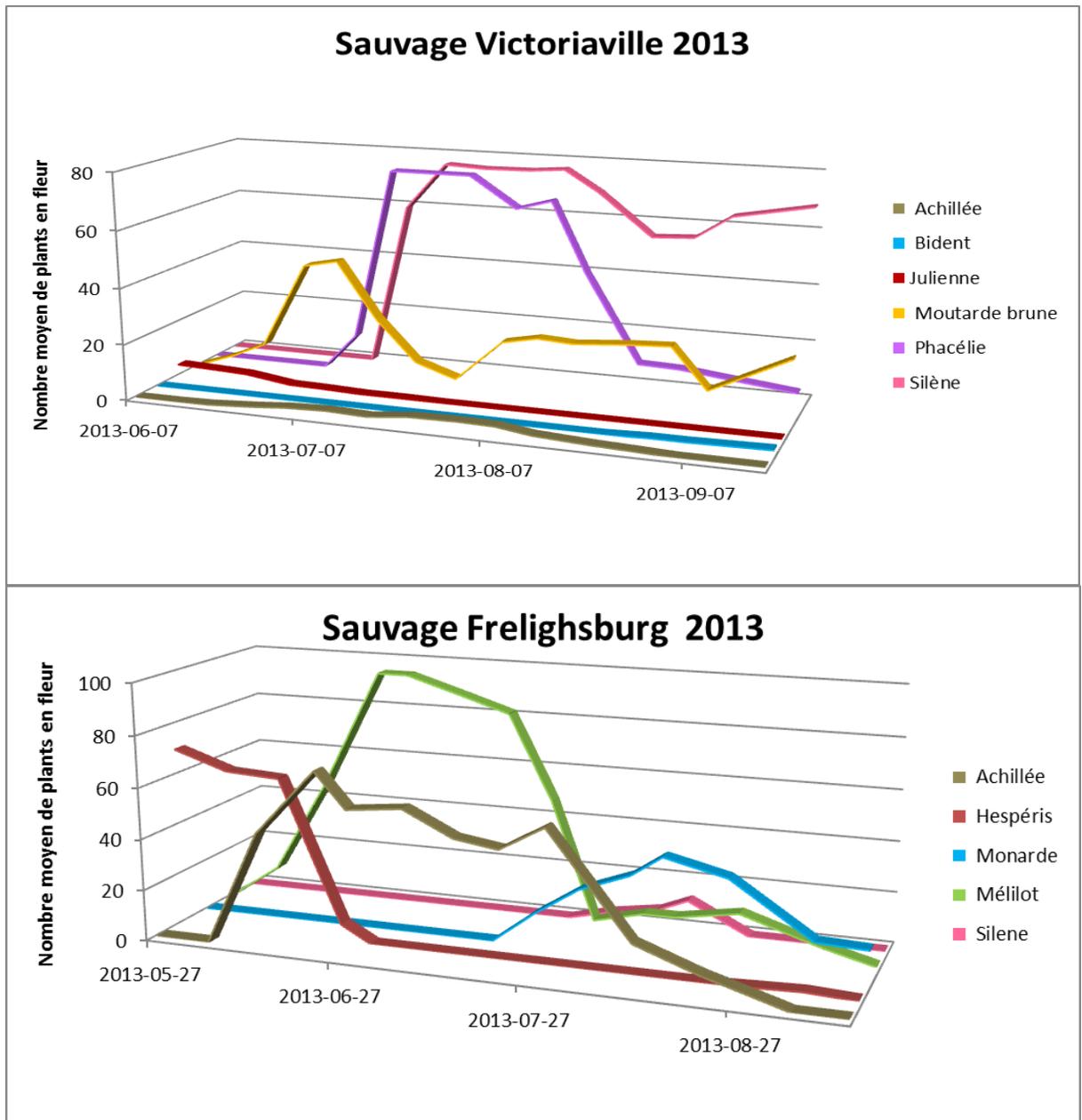


Figure 4. Nombre moyen de plants en fleur pour les espèces qui composent le mélange sauvage en fonction du temps de juin à septembre 2013 sur deux sites.

Annexe IV. Effet des bandes florales sur les lépidoptères ravageurs

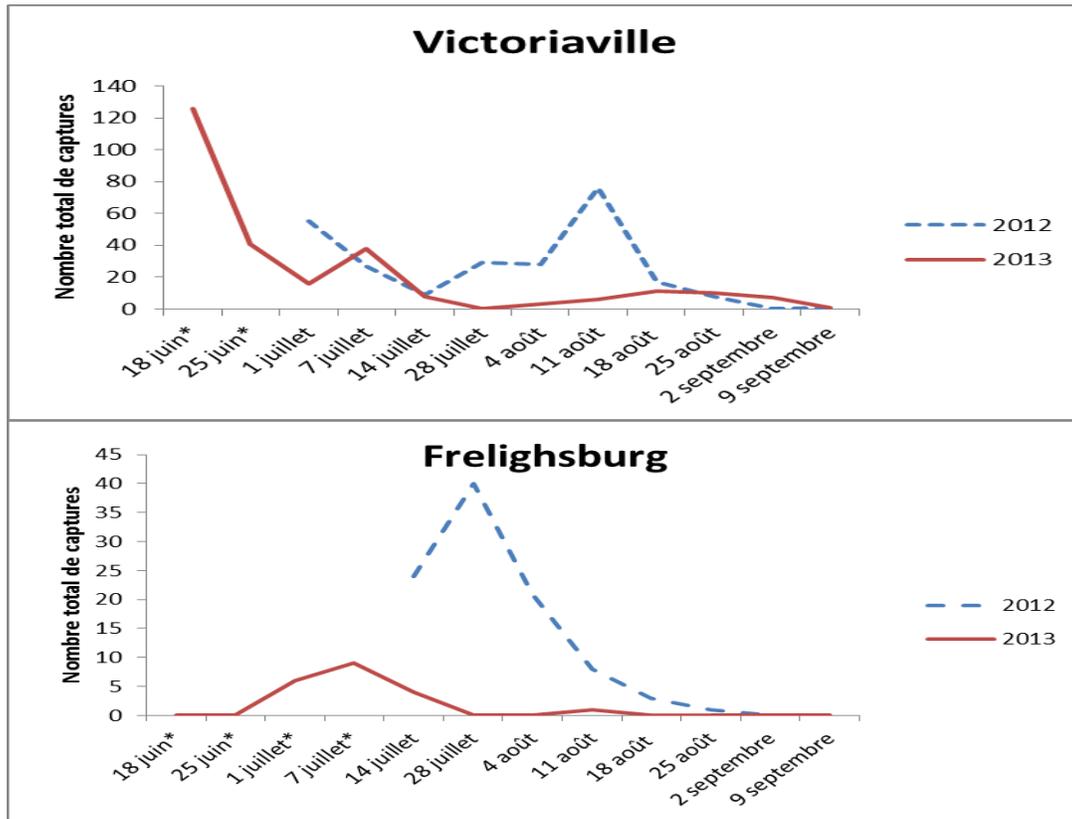


Figure 1. Nombre total de captures de carpocapse de la pomme dans les douze pièges à phéromone installés sur chacun des sites au cours de la saison 2012 et 2013.

Note : Les dates avec un astérisque sont celles pour lesquelles nous n'avons pas de données en 2012.

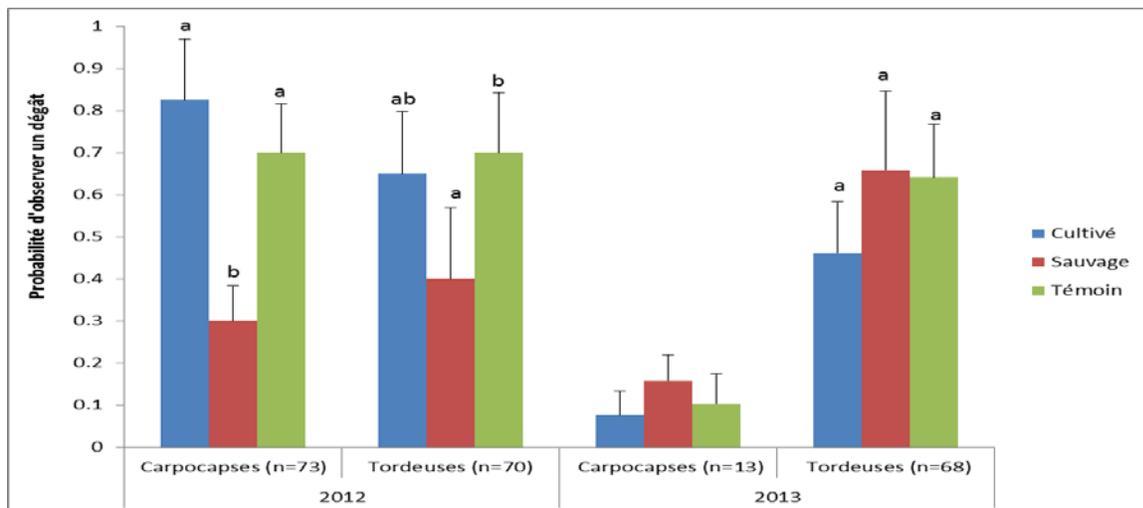


Figure 2. Probabilité d'observer un dégât de carpocapses ou de tordeuses sur fruit par arbre en 2012 et 2013, au verger de Victoriaville.

Note : Les lettres sur le graphique représentent le résultat de l'analyse de variance suivie d'un test post hoc de Tukey. Pour chaque ravageur, des lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements au seuil de 0,01.

Annexe V. Inventaires des insectes présents dans les bandes florales

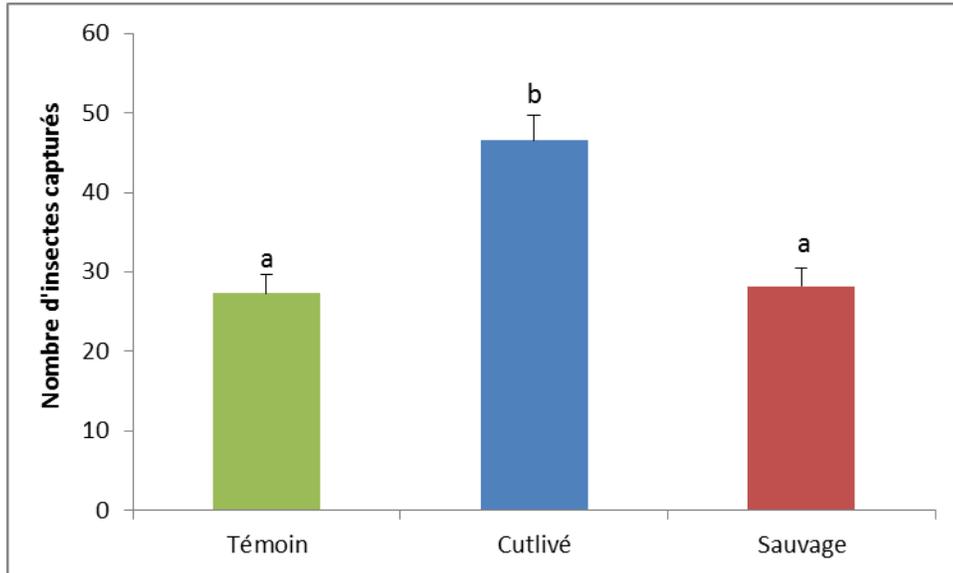


Figure 1. Nombre moyen d'insectes capturés par parcelle par visite en fonction du mélange floral en présence. La barre d'erreur représente l'erreur type associée à chaque valeur.

Note : Une transformation de type racine carrée + 0,5 a été effectuée pour normaliser les données et une analyse de variance a été réalisée sur les données transformées. On observe ainsi un effet significatif du mélange floral au seuil de 0,05 ($F = 9,024$, $p = 0,016$).

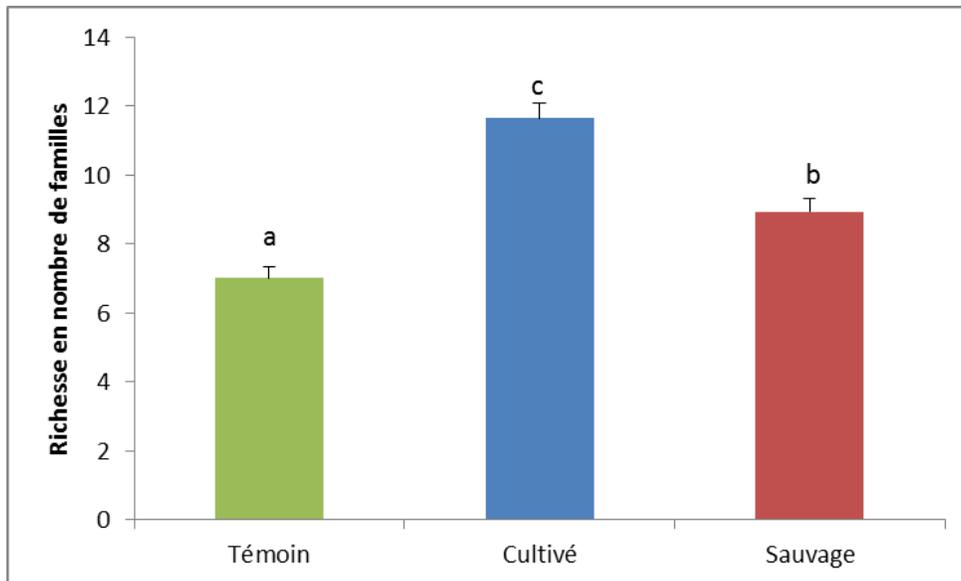


Figure 2. Richesse moyenne en nombre de famille d'insectes par parcelle par visite en fonction du mélange floral en présence.

Note : La barre d'erreur représente l'erreur type associée à chaque valeur. Une analyse de variance a été effectuée et on observe ainsi un effet significatif du mélange floral au seuil de 0,05 ($F = 30,749$, $p < 0,001$).

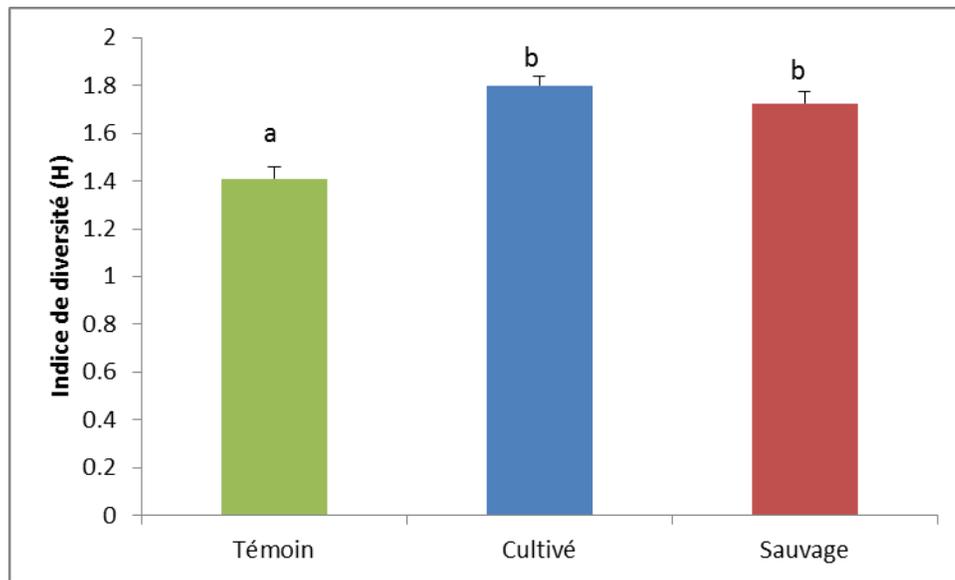


Figure 3. Diversité d’insectes, exprimée par l’indice de diversité de Shannon-Weaver (H), en fonction du mélange floral en présence.

Note : La barre d’erreur représente l’erreur type associée à chaque valeur. Une analyse de variance a été effectuée et on observe ainsi un effet significatif du mélange floral au seuil de 0,05 ($F = 15,783, p = 0,0041$).

Calcul de l’indice de Shannon-Weaver (H)

$$H = -\sum p_i \ln p_i$$

i : une famille d’insecte présente

p_i : la proportion d’une famille i , soit le nombre d’individus d’une famille i divisé par le nombre d’individus capturés au total