Master 1 Biodiversité, Ecologie, Environnement parcours Patrimoine Naturel et Biodiversité

Réponse de la mouche du chou et de ses prédateurs à différentes modalités d'implantation d'une culture piège

Rapport de stage

WETZEL Guillaume

Maîtres de stage : LAMY Fabrice, CORTESERO Anne-Marie

Référent universitaire : WIEGAND Claudia

Avril 2017 – Juin 2017

Soutenu le 15 juin 2017

Sommaire

Remerciements
Introduction 2
Matériel et méthodes 3
Champ expérimental 3
Espèce étudiée : *Delia radicum* 4
Oviposition 5
Pièges Barber 6
Collecte des larves et des pupes 6
Mortalité des plants 6
Analyses statistiques 6
Résultats 7
Oviposition 7
Pièges Barber 9
Mortalité des plants 10
Discussion 11
Comparaison de l'oviposition entre les deux modalités témoins (M0 vs. M1) 11
Comparaison des parcelles témoins avec les parcelles à composante *pull* 12
Comparaison de l'oviposition au sein des parcelles à composante *pull* 13
Communautés de coléoptères prédateurs terrestres et diversité du site d'étude 14
Conclusion 15
Bibliographie 16

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de mon rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à Anne-Marie Cortesero pour m'avoir accueilli au sein du laboratoire. Je ne suis pas du tout déçu de ce stage si instructif aussi bien en termes de rigueur scientifique qu'en termes de culture générale. Je découvre avec grand intérêt le monde de la recherche et le découvrir dans un laboratoire aussi agréable que celui-ci est une chance pour moi.

Un grand merci bien sûr à Fabrice Lamy pour avoir été un très bon encadrant pendant ce stage. J'ai beaucoup appris à ses côtés en seulement 2 mois et j'espère en apprendre encore plus dans les 2 mois qui suivent.

Merci aussi à Denis Poinsot pour toutes les conversations que nous avons pu avoir. Vos corrections et conseils constructifs pour mon rapport m'ont été d'une grande aide.

Merci à Loïc. Bien que le désherbage fût de courte (très courte) durée, ce fut un réel plaisir de planter des choux avec vous. En espérant avoir l'occasion de réitérer cette activité !

Merci à toute l'équipe de la station « Terre d'essai » de Pleumeur-Gautier pour avoir été très sympathique et toujours disponible en cas de besoin.

Et bien sur, merci à tous les membres de l'UMR IGEPP que je ne cite pas personnellement ici pour votre accueil et votre esprit d'équipe.

Et enfin, je tiens à remercier toutes les autres personnes qui m'ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport de stage : ma famille, et bien sûr Alex et Kathleen du bureau 418.

Introduction

La protection des cultures par la lutte biologique est l'un des principaux enjeux agricoles de ce siècle. Pour pallier les limitations de plus en plus restrictives de l'utilisation de pesticides, le développement d'un grand nombre de techniques de lutte biologique est une priorité dans l'agriculture d'aujourd'hui (Wilson *et al*., 2004 ; Peshin *et al*., 2009). Une meilleure compréhension des interactions entre les plantes et les insectes est notamment nécessaire, les insectes ravageurs étant responsables de la perte d'environ 15% des récoltes mondiales (Oerke, 2006). Une des stratégies alternatives de lutte contre ces ravageurs est la manipulation des communications chimiques entre l'insecte et son hôte. En effet, les insectes phytophages utilisent principalement des signaux olfactifs et visuels afin de s'orienter vers leur plante hôte (Finch, 1978). Cette attraction dépend de l'émission de composés organiques volatiles (COVs) par la plante, essentiels pour la reconnaissance des cultures hôtes par le phytophage (Ruther et Thiemann, 1997 ; Kuhnle et Muller, 2011). Ainsi, l'idée est venue d'utiliser des « plantes pièges » qui, par définition, sont plus attractives pour les ravageurs que la culture d'intérêt (Hokkanen, 1991). L'utilisation d'une plante piège pour réduire les dommages dans la culture principale s'est notamment révélée être efficace dans la lutte contre la teigne des crucifères *Plutella xylostella*, un ravageur important des cultures, en utilisant la brassicacée sauvage *Barbarea vulgaris* comme hôte de substitution (Musser *et al.*, 2005).

Les plantes pièges sont connues et utilisées dans l'agriculture depuis des siècles mais à petite échelle (Hokkanen, 1991). Elles ont pour but d'attirer les ravageurs afin de détourner leur ponte hors de la culture principale. Ces cultures pièges, souvent implantées aux abords des champs sous forme de ceintures, sont divisées en plusieurs catégories. Elles peuvent, dans un premier temps, simplement être plus attractives pour la ponte ou l'alimentation que la culture dite « commerciale » (Swezey *et al.*, 2007). Combinées à cela, ces ceintures pièges peuvent aussi inhiber le développement larvaire des nuisibles (« dead end trap cropping »), ce qui permet de contrôler les populations de manière biologique (Shelton *et al.*, 2004) tout en continuant de protéger les cultures. Si la plante piège permet au contraire le bon développement larvaire, le contrôle des populations de l'insecte ravageur se fait par un traitement mécanique (e.g. broyage) ou chimique de la culture piège. Enfin, ces deux dernières possibilités peuvent être associées à l'émission artificielle de COVs afin d'améliorer l'effet attractif de la plante piège (Martel *et al.*, 2005).

La stratégie *push-pull* ou stratégie de détournement stimulo-dissuasif, citée pour la première fois par Pyke en 1987 afin de protéger le coton des lépidoptères mineurs de tiges du genre *Heliothis*, est un système cultural misant sur la manipulation du comportement de l'insecte ravageur pour à la fois le repousser de la culture et l'attirer sur un hôte de substitution (Cook *et al*., 2007). Cette stratégie repose sur l'émission simultanée de stimuli négatifs (composant *push*, à l'intérieur de la culture) et positifs (composant *pull* de la plante piège) pour contrôler les populations de ravageurs (Cook *et al.,* 2007). Cela se traduit dans la culture attractive soit d'une seconde plante qui est répulsive soit de COVs répulsifs diffusés artificiellement, et par la présence en dehors de la culture d'une plante attractive (plante piège), seule ou combinée à l'émission de COVs attractifs. La principale application en plein champ ayant un succès reconnu est la protection du maïs (*Zea mays*) et du sorgho (*Sorghum bicolor*) en Afrique contre des lépidoptères phytophages (e.g. *Chilo partellus* Swinhoe, 1885) (Khan *et al.,* 2008). Dans cette application, des plantes répulsives du genre *Desmodium* sont implantées au sein de la culture à protéger (*push*) et les parcelles sont entourées de ceintures d'une plante piège (*pull*) : l'herbe à éléphant *Pennisetum purpureum* (Khan *et al.,* 2001 ; Khan *et al.,* 2006). Cette stratégie est aujourd'hui adoptée, aux dépens de l'utilisation de produits chimiques, par un grand nombre d'agriculteurs en Afrique afin de protéger leurs cultures (Khan *et al*., 2014).

La mouche du chou *Delia radicum* (Diptera : Anthomyiidae) est le principal ravageur des cultures de Brassicacées en Europe et peut provoquer la perte de plus de 90% de la culture si cette dernière n'est pas protégée (Coaker et Finch 1971, Finch, 1989). De précédentes études ont mis au jour les composants d'une possible stratégie *push-pull* contre cette espèce. La réception de COVs est le principal outil d'orientation longue distance pour *D. radicum* (De Jong, 1999), d'où l'importance de mieux connaître et maîtriser ces communications chimiques. Lamy *et al.* (2016) ont très récemment démontré que l'eucalyptol, émis depuis le centre de la culture d'intérêt, était très efficace pour repousser *D. radicum* et pouvait ainsi servir de composant répulsif lors d'une stratégie *push-pull* contre ce ravageur. En effet, l'eucalyptol permet de réduire l'oviposition de la mouche du chou jusqu'à 45% en plein champ (Lamy *et al.,* 2016). Concernant le composant attractif, le chou chinois (*Brassica rapa* subsp. *Pekinensis*) est une espèce démontrée comme étant très attractive pour la mouche du chou (Rousse *et al*., 2003) : la ponte de *D. radicum* est en effet beaucoup plus importante sur cette plante que sur les autres espèces de la famille des Brassicacées (e.g. *Brassica oleraceae*) (Kergunteuil *et al*., 2013). Le chou chinois est par ailleurs très résistant à une forte pression de

phytophagie de par son architecture en rosette très dense (Lamy *et al*., 2016) ce qui en fait un candidat idéal comme plante piège contre la mouche du chou. En effet, la mise en place d'une culture de plantes pièges entraine une perte de surface de récolte et donc de rendement, ces dernières représentant en moyenne 10% de la surface de la culture (Hokkanen, 1991). Le chou chinois, pouvant être récolté et commercialisé dans les cas d'un niveau d'attaque modéré, il peut générer des revenus pour compenser la place qu'il occupe.

Le but de la présente étude est de contribuer à l'amélioration de la stratégie *push-pull* contre *D. radicum*. Il s'agit précisément de rechercher si la disposition spatiale de la culture piège par rapport à la culture de brocolis (*Brassica oleracea*) influence la ponte de *D. radicum*. Des COVs permettant d'amplifier cet effet attractif du chou chinois ont été mis en évidence (e.g. Z-3-HAC) (Kergunteuil *et al.,* 2012 ; Lamy *et al*., 2016) mais la question de la disposition optimale de cette culture piège par rapport à la culture est toujours en suspens. En effet, des placements de la plante piège (i) en ceintures extérieures, (ii) en bandes dans les cultures de brocoli, (iii) en intégration (e.i. disposés de manière homogène avec les brocolis), (iv) en ceinture extérieure avec des bandes intérieures ou encore (v) en ceinture extérieure avec des choux chinois intégrés, pourraient influencer les choix du site de ponte par *D. radicum* et donc réduire significativement la ponte sur les plants de brocolis.

Ces cinq dispositions spatiales de choux chinois ont été mises en place en plein champ afin d'identifier ce possible effet, sans utilisation de COVs répulsifs (pas de composante *push*) ni de COVs attractifs autres que ceux émis par la plante piège. Une plus forte oviposition est attendue dans les modalités contenant uniquement des brocolis et donc, sans plantes pièges. D'éventuelles différences sont attendues entre les dispositions spatiales citées précédemment, ce qui permettrait d'identifier une disposition intéressante à l'avenir. L'effet éventuel de ces dispositions sur les prédateurs de *D. radicum* a lui aussi été mesuré en réalisant un inventaire des communautés de coléoptères terrestres dans les différentes modalités.

Matériel et méthodes

Champ expérimental

L'expérimentation s'est déroulée à la station d'essai biologique « Terre d'essai » à Pleumeur-Gautier, Bretagne, France (48°48' N 3°09' O). Avant plantation de l'essai, une interculture de phacélie (*Phacelia tanacetifolia*) était en place avant d'être détruite par broyage suivi d'un enfouissage. La parcelle expérimentale (1890m²) est composée de 4 blocs similaires. Ces 4 blocs sont constitués de 6 microparcelles de 56,25m² séparées entre elles par

1m de sol nu (**Figure 1a**). La disposition des modalités (M1 : Témoin ; M2 : Ceinture de chou chinois sur 2 rangs ; M3 : Bandes de chou chinois ; M4 : Chou chinois intégré à la culture ; M5 : Ceinture externe sur un rang + bandes internes ; M6 : Ceinture sur un rang + intégré, (**Figure 1b**) s'est faite selon la méthode des blocs aléatoires complets. Les microparcelles sont composées de 150 plants divisés en brocolis (*Brassica oleracea* L. var. Italica cv. Parthénon F1 Hybride) et en choux chinois (*Brassica rapa* L. subsp. *Pekinensis* Lour. cv. Tabaluga F1 Hybride). Le pourcentage de chou chinois varie selon les modalités (**Tableau 1**). Les graines, fournies par Sakata®, ont été semées en serre chaude (Domaine de la Motte, Le Rheu, France) le 03/03/2017 pour les brocolis et le 24/02/2017 pour les choux chinois. Les plants sont transplantés en plein champ le 05/04/2017, correspondant au stade 2-3 feuilles pour les brocolis et 5-6 feuilles pour les choux chinois. La distance entre les plants est de 0,5m et celle entre les rangs, de 0,75m. Une parcelle témoin isolée (1 bloc composé de 4 microparcelles avec 150 brocolis : modalité M0, **Figure 1)** a été mise en place le 10/04/2017 à 80m de la parcelle principale afin de s'affranchir d'un possible effet des choux chinois sur cette dernière. Un désherbage mécanique a été réalisé afin de limiter la prolifération des adventives toutes les 2 semaines à compter du 03/05/2017.

Tableau 1 : Pourcentage de chou chinois pour chaque modalité de disposition spatiale testée.

Modalité	Pourcentage de chou chinois
M0 / M1	0 %
M2	56
M3	50
M4	53
M5	54
M6	52

Espèce étudiée : *Delia radicum*

La mouche du chou (*Delia radicum* (L. 1758)), est un diptère phytophage de la famille des Anthomyiidae. Spécialiste de la famille des Brassicaceae, cette espèce oligophage a un cycle de développement de 30 jours en conditions contrôlées (20°C, 60% HR). Les œufs sont pondus au collet de la plante (Brooks, 1951). Une fois éclos, 3 stades larvaires vont se succéder en se nourrissant de la racine de la plante. La nymphose a ensuite lieu dans le sol à proximité de l'hôte, puis un imago va émerger du puparium une dizaine de jours plus tard. Selon la latitude et les conditions climatiques, *D. radicum* peut avoir de 1 à 5 générations par an (Havukkala et al., 1984). Dans la région d'étude, *D. radicum* réalise 3 vols par an. Cette étude porte sur le premier vol de l'année 2017 (avril - mai). Cette espèce est prédatée en partie par les carabes (Coleoptera : Carabidae) des genres *Bembidion* et *Metallina* aux stades œufs et

larves. Des staphylins (Coleoptera : Staphylinidae) (Coaker et Williams, 1963) notamment ceux du genre *Aleochara*, sont parasitoïdes des pupes de *D. radicum* et les adultes peuvent prédater les œufs et les larves. Les deux principales espèces parasitoïdes étant *Aleochara bilineata* (Gyllenhal 1810) et *Aleochara bipustulata* (L., 1761) (Finch, 1989). *Trybliographa rapae* (Westwood, 1835) quant à lui est un parasitoïde larvaire de *D. radicum*.

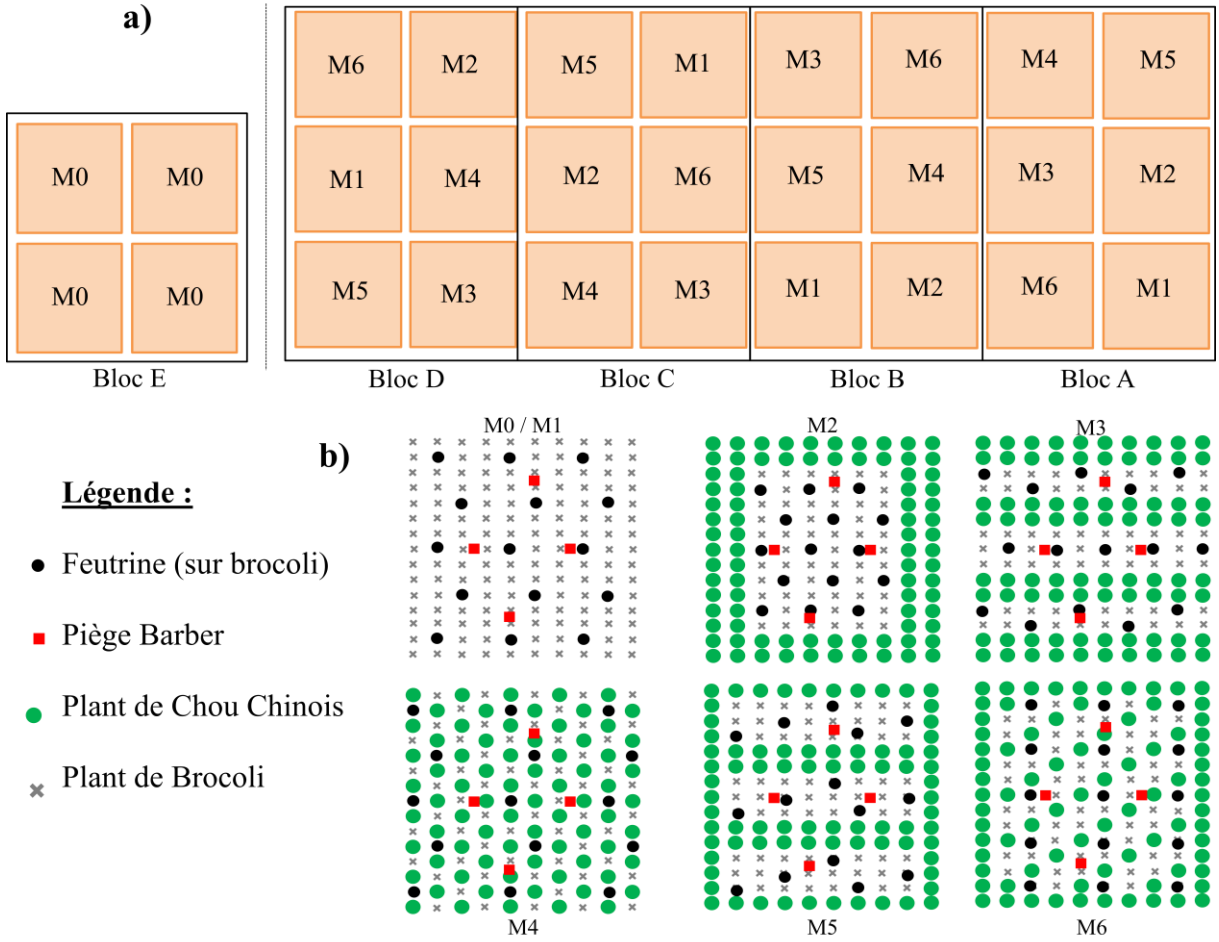

Figure 1 : Schéma présentant le plan d'expérience. La parcelle principale est composée de 4 blocs de 6 microparcelles (**a**) avec 6 modalités spatiales différentes M1 à M6 (**b**). La parcelle isolée est composée d'un bloc de 4 microparcelles (**a**) avec la modalité M0 (**b**).

Oviposition

Au sein de chacune des parcelles, 15 feutrines sont placées sur 15 brocolis de telle sorte que les parcelles soient recouvertes de manière homogène. Des feutrines (Freuler et Fischer, 1982 ; Bligaard, 1999) ont été posées autour du collet de la plante où *D. radicum* pond ses œufs, la semaine suivant la plantation. Les relevés sont réalisés 1 semaine plus tard en fonction de la date de pose des feutrines, toutes les semaines pendant 7 semaines. Après un relevé, les œufs de *D. radicum* présents sur la feutrine sont enlevés et cette dernière est replacée sur le même plant.

Pièges Barber

Quatre pièges Barber ont été positionnés au sein de chacune des parcelles pour tous les blocs y compris le témoin indépendant **(Figure 1**). Les pièges sont ouverts 24h une fois par semaine pendant six semaines. Suite à la collecte, les pièges Barber sont refermés et laissés en place. Ces relevés ont pour but de caractériser la diversité et l'abondance des communautés de carabes (Coleoptera : Carabidae) et de staphylins (Coleoptera : Staphylinidae). Les autres arthropodes ou invertébrés piégés n'ont pas été récupérés et ont été relâchés. L'identification s'est déroulée sous loupe binoculaire en laboratoire en utilisant la « Clé de détermination des Carabidae des paysages agricoles du Nord-Ouest de la France » (Roger *et al.*, 2013).

Collecte des larves et des pupes

Le 19/05/2017, des relevés de terre ont été réalisés dans chaque plot sur 10 brocolis et 10 choux chinois (seulement 10 brocolis dans les microparcelles des modalités M0 et M1) ne disposant pas de feutrines, dans chacune des microparcelles. Ils ont été réalisés en prélevant une motte de terre autour du plant en utilisant une pelle simple. Les larves et les pupes sont triées puis collectées avec un lavage à l'eau. Le parasitisme est évalué tel que décrit dans (Lamy *et al.*, 2016).

Mortalité des plants

Des mesures de la mortalité des plants ont été réalisées toutes les semaines à compter du 04/05/2917 (semaine 3) en identifiant les plants morts dus aux larves de *Delia radicum*. Cette identification est réalisée en observant le système racinaire du plant. Les plants attaqués par *D. radicum* possèdent un système racinaire fortement endommagé avec très peu ou pas de racines latérales (Wardlow et Winfield, 1967). Leur système aérien est lui aussi fortement réduit.

Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées en utilisant le logiciel R (R_core_team 2017, version 3.3.2). Le nombre d'œufs par feutrine sur les brocolis a été calculé par semaine et par traitement. Il a été analysé par LMM en considérant le traitement et la semaine comme facteurs fixes et les blocs comme facteur aléatoire (fonction lmer, package lme4, Bates *et al.*, 2017). Des comparaisons multiples sont utilisées pour voir les différences entre les traitements par semaine (fonction lsm, package lsmeans, Lenth 2014).

La comparaison du nombre d'œufs entre (i) les parcelles témoins et (ii) celles avec une culture piège a été réalisé par LMM en considérant le traitement et la semaine comme facteurs fixes et les blocs comme facteurs aléatoires (fonction lmer, package lme4, Bates *et al.*, 2017). Les comparaisons deux à deux par semaines sont réalisées pour voir de possibles différences (fonction lsm, package lsmeans, Lenth 2014).

Pour tester les abondances en fonction des modalités et des semaines, les espèces *P. cupreus*, *Harpalus affinis*, *Nebria salina*, *Nebria brevicollis* et *Pseudoophonus rufipes* sont regroupées dans un groupe « Autres Carabidae ». Les espèces *M. lampros et B. quadrimaculatum* sont associées entre elles ainsi que les deux espèces de staphylin du genre *Aleochara* (groupe noté *Aleochara sp.*). L'abondance des espèces collectées par les pièges Barber a été calculée par traitement et par semaine en considérant le traitement et la semaine comme facteurs fixes en utilisant un GLM (fonction glm, package MASS, Venables et Ripley 2002). Des comparaisons multiples sont ensuite réalisées entre les traitements (fonction, lsmeans, Lenth 2014).

La comparaison des effectifs des différentes espèces collectées a été réalisée avec un test du $\chi 2$ d'homogénéité. Des indices de Shannon ainsi que leurs intervalles de confiance ont été calculés pour caractériser la diversité du site entre les modalités.

Note : Par souci de limite de date de rendu, le présent rapport ne présente pas les résultats des comptages de larves et pupes.

Résultats

Oviposition

Il y a une différence d'oviposition entre les microparcelles composées uniquement de brocolis (modalités M0 et M1) et celles contenant des choux chinois (modalités M2, M3, M4, M5 et M6) (LMM : $\chi^2 = 32{,}078$; ddl = 1 ; $P < 0{,}001$; **Figure 2**). Les microparcelles avec des choux chinois ont un nombre d'œufs significativement plus faible que les microparcelles de brocolis en semaine 3, 4 et 5. Il n'y a cependant aucune différence significative en semaine 1 et 2. Il y a des différences entre les semaines pour ces mêmes microparcelles (LMM : $\chi^2 = 293{,}616$; ddl = 4 ; $P < 0{,}001$). L'oviposition augmente sur les 5 semaines de relevés, malgré une légère baisse en semaine 3.

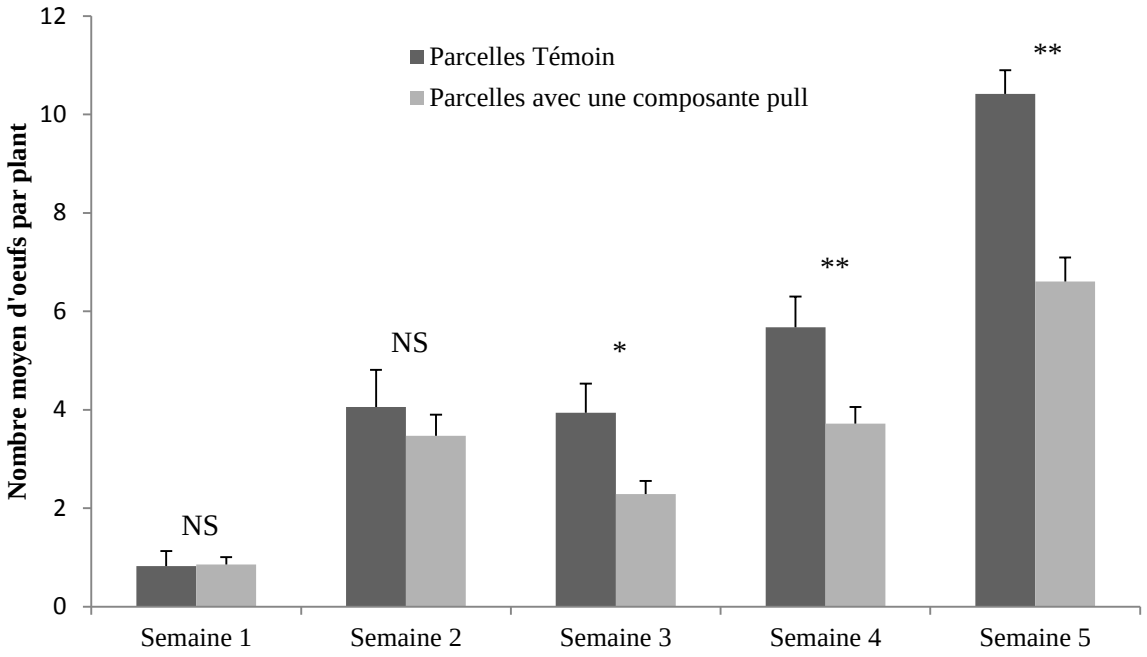

Figure 2 : Nombre moyen d'œufs de *D. radicum* par plant et par semaine (± erreur standard). Les microparcelles sont regroupées entre celles témoins composées uniquement de brocolis (M0 et M1) et celles avec une composante *pull* (M2, M3, M4, M5, M6). Une * indique une différence significative à 0,05 entre les deux compositions et ** indique une différence significative à 0,001 (LMM, least-squares means).

La ponte de *D. radicum* est très faible lors de la première semaine de comptage (0,9 ± 0,3 ; moyenne ± erreur standard). Le nombre d'œufs a augmenté en semaine 2 (3,6 ± 0,9 ; moy ± es) avant de montrer une baisse en semaine 3 (2,8 ± 0,6 ; moy ± es). Le nombre d'œufs maximal est observé en semaine 5 (7,7 ± 0,8 ; moy ± es) après une augmentation en semaine 4. Il y a une différence significative du nombre d'œufs entre les semaines (LMM : χ^2 = 307,715 ; ddl = 4 ; P < 0,001) et entre les modalités (LMM : χ^2 = 48,986 ; ddl = 6 ; P < 0,001).

Il n'y a aucune différence significative de ponte entre les modalités M0 (4,3 ± 0,7 ; moyenne ± erreur standard) et M1 (5,6 ± 0,8 ; moy ± es) pendant toutes les semaines de relevés (**Tableau 2**). Pour toutes les semaines, le nombre d'œufs dans les modalités avec une composante *pull* (e.i. M2, M3, M4, M5 et M6) est plus faible que pour les témoins (e.i. M0 et M1). Aucune différence significative n'est observée entre les modalités pendant les 3 premières semaines de relevés (**Tableau 2**). Cependant, en semaine 4, le nombre d'œufs est significativement plus faible dans la modalité M5 (e.i. Ceinture de chou chinois sur 1 rang ainsi que bandes) que dans la modalité M1 (e.i. témoin). En semaine 5, l'oviposition au sein des modalités M5 et M6 est significativement plus faible que dans les modalités M0, M1 et M2. Le nombre d'œufs dans les modalités M3 et M4 est lui, significativement plus faible que celui de la modalité M1 en semaine 5.

Tableau 2 : Nombre moyen d'œufs (± erreur standard) de *D.radicum* par feutrine et par semaine en fonction de la modalité spatiale. (M0 : Témoin indépendant, M1 : Témoin, M2 : Ceinture 2 bandes, M3 : Bandes, M4 : Intégré, M5 : Ceinture 1 rang avec bandes, M6 : Ceinture 1 rang et intégré). Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements pour une certaine semaine (LMM, least-squares means, P < 0,05).

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
M0	$0,5 \pm 0,3^{a}$	$2,7 \pm 0,9^{a}$	$3,4 \pm 0,5^{a}$	$5,1 \pm 0,8^{ab}$	$10,1 \pm 0,9^{bc}$
M1	$1,2 \pm 0,5^{a}$	$5,4 \pm 0,7^{a}$	$4,5 \pm 1,1^{a}$	$6,3 \pm 1,0^{b}$	$10,7 \pm 0,5^{c}$
M2	$0,7 \pm 0,3^{a}$	$4,6 \pm 1,1^{a}$	$3,3 \pm 0,9^{a}$	$3,9 \pm 0,8^{ab}$	$8,8 \pm 1,2^{bc}$
M3	$1,0 \pm 0,4^{a}$	$3,7 \pm 1,5^{a}$	$2,3 \pm 0,6^{a}$	$3,7 \pm 1,0^{ab}$	$6,9 \pm 1,2^{ab}$
M4	$0,7 \pm 0,03^{a}$	$2,8 \pm 0,5^{a}$	$1,9 \pm 0,3^{a}$	$3,7 \pm 0,6^{ab}$	$7,0 \pm 1,0^{ab}$
M5	$0,7 \pm 0,4^{a}$	$2,6 \pm 0,6^{a}$	$2,3 \pm 0,5^{a}$	$2,8 \pm 0,7^{a}$	$5,3 \pm 0,3^{a}$
M6	$1,2 \pm 0,5^{a}$	$3,7 \pm 1,0^{a}$	$1,7 \pm 0,4^{a}$	$4,4 \pm 0,9^{ab}$	$4,9 \pm 0,5^{a}$

Pièges Barber

Les communautés ne varient pas entre les modalités spatiales testées (GLM : *M. lampros* et *B. quadrimaculatum.* $\chi^2 = 6,182$; ddl = 6 ; P = 0,403), (GLM : Autres Carabidae. $\chi^2 = 6,134$; ddl = 6 ; P = 0,408), (GLM : *Aleochara sp*. $\chi^2 = 5,080$; ddl = 6 ; P = 0,534), (GLM : Autres Staphylinidae. $\chi^2 = 4,714$; ddl = 6 ; P = 0,581).

Il y a une variation de ces communautés entre les semaines (GLM : Autres Carabidae. $\chi^2 = 56,835$; ddl = 4 ; P < 0,001), (GLM : *Aleochara sp.* $\chi^2 = 18,986$; ddl = 4 ; P < 0,001), (GLM : Autres Staphylinidae. $\chi^2 = 20,968$; ddl = 4 ; P < 0,001). Il n'y a cependant aucune variation dans le temps pour *M. lampros* et *B. quadrimaculatum* (GLM : *M. lampros* et *B. quadrimaculatum.* $\chi^2 = 3,572$; ddl = 4 ; P = 0,467).

Il y a des différences d'abondance entre les différentes espèces ($\chi^2 = 522,55$; ddl = 9 ; P < 0,001) (**Figure 3**). *Metallina lampros* est significativement plus abondante que les autres espèces et représente 51,8% de la population échantillonnée. *Bembidion quadrimaculatum* en représente 12,7%. Aucun *Aleochara bilineata* n'a été relevé tandis qu'*Aleochara bipustulata* représente 10,6% de la population soit la même proportion que pour les autres Staphylinidae réunis. Les autres espèces de carabes sont représentées en majorité par *Poecilus cupreus* (7,4% de la population). Les dernières espèces représentent chacune moins de 3,0% de la communauté. Il n'y a aucune différence significative d'abondance entre *P. cupreus*, *B.quadrimaculatum*, *A. bipustulata*, et les autres staphylinidae. Il n'y a aucune différence significative entre les effectifs d'*Harpalus affinis*, *Nebria salina*, *Nebria brevicollis*, *Pseudoophonus rufipes* et *Aleochara bilineata*.

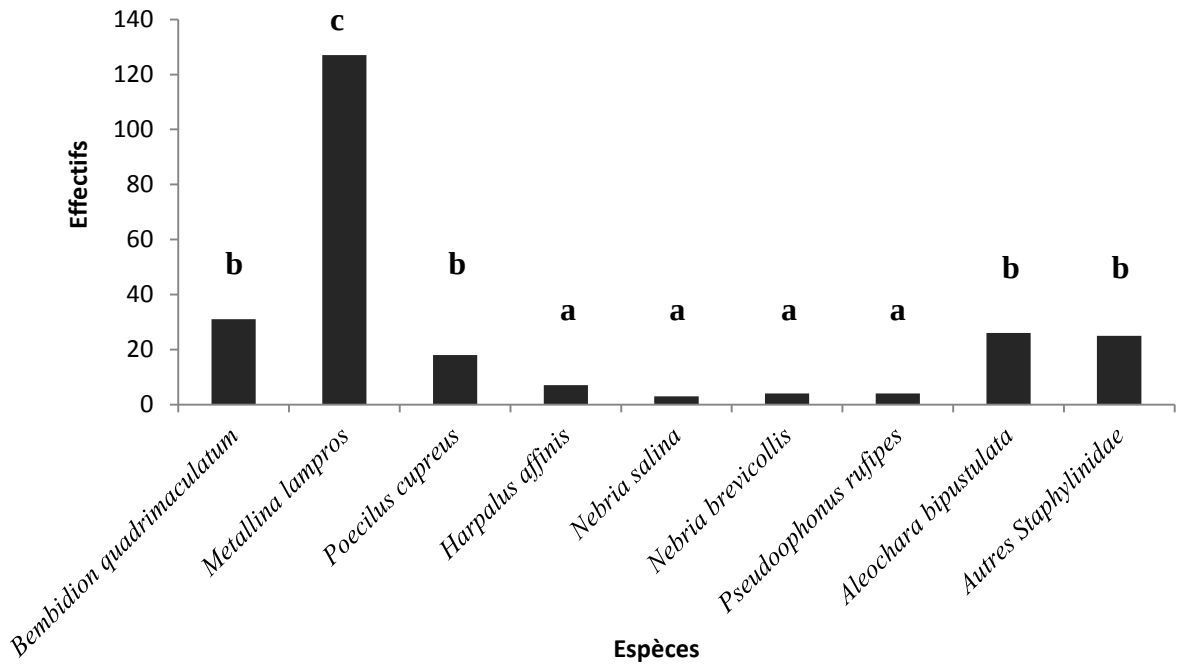

Figure 3 : Effectifs totaux des différentes espèces collectées dans les pièges Barber. Les lettres indiquent des différences significatives entre les effectifs des différentes espèces (Chi-squared test, $p < 0,05$). (N = 245).

Comme pour les comparaisons de l'oviposition de *D. radicum*, les microparcelles ont été séparées entre celles avec uniquement des brocolis (e.i. M0 et M1) et celles avec des choux chinois (e.i. M2, M3, M4, M5 et M6). L'indice de Shannon pour les microparcelles de brocolis est de 1,19 (IC95% [0,76 - 1,96]). Il est de 1,93 (IC95% [1,77 - 2,22]) pour les microparcelles possédant des choux chinois.

Mortalité des plants

En semaine 3, le taux de mortalité pour les brocolis est de 2,7% (sur 2008 plants) soit de 2,5 ± 1,9 plants / microparcelle (moyenne ± écart-type) contre 40,8% pour les choux chinois (sur 1592 plants) soit de 51,7 ± 21,4 plants/microparcelle.

En semaine 4 il augmente à 51,3% pour les brocolis et 86,7% pour les choux chinois. En semaine 5, le taux de survie est extrêmement faible puisque seulement 8 choux chinois sont en bon état physiologique (e.i. système aérien développé) et 6 brocolis (hors ceux disposant de feutrines). Tous les brocolis avec feutrines sont en vie.

Discussion

Dans la présente étude, nous avons étudié en plein champ l'efficacité de plusieurs dispositions spatiales d'une composante *pull* dans le cadre d'une future stratégie *push-pull* contre *Delia radicum*. Des dispositions de choux chinois en ceintures extérieures (M2), en bandes internes (M3), en alternance au sein de la culture (M4), en ceinture extérieure accompagnée de bandes internes (M5) et en ceinture extérieure avec des choux chinois intégrés dans la culture de brocoli (M6) ont ainsi été testées. L'impact de la plante piège et de ses diverses dispositions sur les communautés de coléoptères prédateurs terrestres a lui aussi été étudié, une culture piège devant être, dans le meilleur des cas, défavorable à l'insecte phytophage et favorable à ses prédateurs.

Tout au long des semaines, la ponte a été en constante augmentation. Cependant une baisse a été constatée en semaine 3. Elle peut s'expliquer par de fortes pluies (moyenne de 15-20mm/jour ; données Météo-France). En effet, lors d'épisodes pluvieux, le déplacement d'un diptère comme *D. radicum* est rendu plus difficile ce qui explique des phases d'oviposition plus importantes après ces pluies (Havukkala *et al.,* 1984). La dernière semaine correspondait à la fin du vol de la mouche du chou annoncé dans la région (Bulletin de Santé du Végétal – Légumes frais n°8 du 12 mai 2017), une diminution du nombre d'œufs pondu par *D. radicum* était donc attendue. Or, la ponte observée est au contraire la plus élevée de toutes les semaines de relevés. Cependant, la mortalité des plants était très importante à cette période (environ 80% tous plants confondus entre la semaine 4 et 5), le nombre de sites de ponte potentiels pour *D. radicum* était ainsi très réduit sur notre parcelle. La ponte s'est donc probablement concentrée sur les brocolis comportant des feutrines, derniers plants en bon état physiologique (puisque les œufs en étaient retirés lors du comptage), ce qui pourrait expliquer la forte hausse apparente de la ponte en fin d'expérience.

Comparaison de l'oviposition entre les deux modalités témoins (M0 vs. M1)

Cette comparaison a été effectuée afin de tester l'indépendance du témoin. En effet, dans un essai *push-pull*, il est possible que certains insectes phytophages passent d'une modalité à l'autre (e.g. insecte d'une parcelle attiré par les choux chinois de la parcelle voisine). Ainsi, certaines différences observées peuvent être dues aux déplacements intermodalité du ravageur qui conduisent à la non-indépendance du témoin (Lamy *et al.,* 2016). Ici, il n'y a aucune différence significative de ponte entre le témoin de la parcelle principale (M1) et celui de la parcelle isolée (M0), ce qui confirme l'indépendance du témoin

pour cette étude. Pourtant, la distance entre les modalités est de 0,75m, ce qui est très faible. En effet, les COVs émis par les hôtes sont attractifs pour *D. radicum* sur une distance de 5 à 24m (Finch et Skinner, 1982 ; Kergunteuil *et al.*, 2014). L'effet attractif des choux chinois d'une modalité aurait ainsi pu influencer la modalité voisine et donc potentiellement une modalité témoin. Dans ce cas, la ponte aurait été plus importante sur les témoins M1 que sur les témoins M0, ce qui ne s'est pas produit. De plus, les cultures adjacentes à notre parcelle d'étude (à une distance de 2m de sol nu) étaient en partie des Brassicacées (ici, une parcelle de choux-fleurs, *Brassica olearacea*) et donc des hôtes potentiels pour la mouche du chou. Ces choux-fleurs étaient aux stades 48-49 (Échelle BBCH des stades phénologiques des choux ; Feller *et al.*, 1995). Leur présence a donc potentiellement attiré une forte population de *D. radicum* qui aurait pu entrainer une forte pression de ponte sur la parcelle d'étude. On constate notamment qu'au début de l'expérience la ponte de la modalité M1 (témoin sujet à un possible effet des cultures adjacentes) est deux fois plus importante que celle dans la modalité M0 (témoin isolé, sans cultures adjacentes) (respectivement 1,2 ± 0,5 vs. 0,5 ± 0,3 en semaine 1 ; 5,4 ± 0,7 vs. 2,7 ± 0,9 en semaine 2 ; moyenne ± erreur standard). Or les cultures adjacentes ont été récoltées et enfouies en fin de semaine 2. En semaine 3, la différence de ponte entre les modalités M1 et M0 est beaucoup plus faible (4,5 ± 1,1 vs. 3,4 ± 0,5). Même si ces différences ne sont pas significatives, elles sont cependant en accord avec les hypothèses émises sur un possible effet des cultures adjacentes.

Comparaison des parcelles témoins avec les parcelles à composante *pull*

La ponte est significativement plus importante dans les parcelles composées uniquement de brocolis en semaine 3, 4 et 5. L'effet attractif des choux chinois démontré par (Rousse *et al.*, 2003) et son profil intéressant pour servir de composante *pull* dans le cadre de la stratégie *push-pull* contre *D. radicum* sont donc confirmés par notre étude. En effet, la présence des choux chinois permet de reporter la ponte sur cet hôte de substitution. La ponte observée sur les brocolis est plus faible dans les microparcelles comportant des choux chinois, *D. radicum* ayant pondu en majorité sur les choux chinois. Le chou chinois est une plante résistante à la pression phytophage de *D. radicum*. En effet, sur cette plante, les larves se nourrissent non seulement de la racine (plus importante que celle du brocoli), mais aussi de la base des feuilles. Comparativement au brocoli, il faut donc beaucoup de larves pour tuer un plant de chou chinois. Pourtant, la mortalité des choux chinois est treize fois plus importante que celle des brocolis en semaine 3 (34 ± 21,36 plants morts / microparcelle pour les choux chinois vs. 2,5 ± 1,91 pour les brocolis). La mise en place des jeunes plants de choux chinois

a en effet eu lieu pendant le vol de *D. radicum*, celui-ci ayant commencé deux semaines plus tôt que les années précédentes (Bulletin de Santé du Végétal – Légumes frais n°8 du 12 mai 2017). Les œufs ont donc été pondus immédiatement sur les très jeunes plants et le développement de larves a entrainé de forts dommages très rapidement dans la culture, les choux chinois n'ayant pas eu le temps de développer leur architecture résistante. De plus, les précipitations ont manqué pendant les deux premières semaines (maximum de 0,2mm/jour du 13 avril (date de plantation) au 29 avril 2017 ; données Météo-France), ce qui a représenté un facteur aggravant pour la survie des plantes. Les choux chinois sont en effet pratiquement totalement détruits en semaine 5. Une plantation des choux chinois à un stade plus développé ou en anticipant mieux le début du vol de *D. radicum* serait donc préférable. En fin d'étude, une forte hausse du nombre de brocolis morts est observée. Leur architecture peu résistante, combinée au manque d'eau, a entrainé la mort du plant malgré une infestation plus faible que celle des choux chinois. Le léger décalage temporel avec la mortalité des choux chinois peut être expliqué par l'infestation moindre sur les brocolis.

Comparaison de l'oviposition au sein des parcelles à composante *pull*

La ponte est significativement plus faible dans les modalités M5 et M6 en semaine 5 que dans les modalités témoin M0 et M1 ainsi que dans la modalité M2 (ceinture seule). Une ceinture extérieure seule de chou chinois ne semble pas suffisante pour réduire significativement la ponte de *D. radicum*, car dans notre étude, la ponte dans la modalité M2 est proche de celle des témoins. La ponte dans les modalités M3 et M4 (chou chinois dans la parcelle mais pas de ceinture) est intermédiaire entre celle des témoins et celles de M5 et M6 (chou chinois dans la parcelle et en ceinture). En plus de cette différence significative en semaine 5, la ponte dans les modalités M5 et M6 est plus faible que pour les autres dispositions spatiales testées sur toutes les semaines de relevés. Une ceinture extérieure associée à des choux chinois intérieurs semble donc être la disposition la plus intéressante pour réduire la ponte de *D. radicum* en plein champ. Il a été montré que *D. radicum* se déplace très peu entre deux pontes successives et se limite à des plants proches de celui où a eu lieu la première ponte (Josso, 2012). La présence de choux chinois à l'intérieur de la culture permettrait donc de diminuer la probabilité que *D. radicum* ponde sur un plant de brocoli si elle est parvenue jusqu'à l'intérieur de la parcelle. Or, une ceinture extérieure (M2) n'est visiblement pas suffisante pour empêcher des individus de pénétrer dans la parcelle, où ils ne vont trouver que des brocolis pour pondre. La combinaison d'une ceinture de choux

chinois ainsi que de plants intérieurs permettrait d'offrir un quadrillage de plantes pièges « complexe » où la probabilité que *D. radicum* ponde sur des brocolis est limitée.

Communautés de coléoptères prédateurs terrestres et diversité du site d'étude

Les abondances des espèces de la communauté du site sont faibles, avec huit espèces seulement retrouvées dans nos pièges Barber, sans compter les « Autres Staphylinidae ». La communauté est majoritairement représentée par deux carabes prédateurs (*Metallina lampros*, suivi de *Bembidion lampros*), ainsi que par le staphylin *Aleochara bipustulata*. Ces trois espèces sont prédatrices des œufs et larves de la mouche du chou et *A. bipustulata* se développe également en parasitoïde de ses pupes (Coaker *et al.,* 1963). L'absence du parasitoïde spécialiste de la mouche du chou *Aleochara bilineata* s'explique par le fait que notre expérience s'est déroulée sur le premier vol de la mouche du chou, en début de saison, et cette espèce n'est pas présente à cette période (Jonasson *et al.,* 1994). D'autre part, bien que le site d'essai soit en agriculture biologique, le travail du sol est intensif. En effet, sur les cinq semaines de relevés, les cultures adjacentes ont été récoltées, puis broyées et enfouies et un entretien du sol a eu lieu de manière régulière. Il n'y a pas non plus de bande enherbée sur le site (qui pourrait servir d'abri aux prédateurs) et le seul chemin herbacé a été supprimé temporairement afin de mettre en place un système d'irrigation. La seule haie qui délimite le site est une haie de bambou, plante exotique non originaire d'Europe (McClure, 1966 ; Ruiz-Sanchez, 2011), qui n'est donc probablement pas un habitat attractif pour les espèces locales. Néanmoins, les ceintures de plantes pièges elles-mêmes sont des réservoirs pour les prédateurs de *D. radicum* (Kergunteuil *et al.,* 2013). Il a en particulier été montré que le nombre d'*Aleochara sp.* augmente en présence de choux chinois (Rousse *et al.,* 2003). Dans notre étude, les plants de brocolis et de choux chinois sont mélangés au sein des microparcelles et ne forment pas de réelles cultures indépendantes. L'indice de Shannon calculé pour les communautés de coléoptères prédateurs n'est ainsi pas différent entre les parcelles à composante *pull* (1,93 ; IC95% [1,77 - 2,22]) et les parcelles témoins (1,19 ; IC95% [0,76 - 1,96]). La taille des microparcelles, relativement faible, combinée à ce mélange de brocolis et de choux chinois peut expliquer cette homogénéité des communautés entre les modalités.

Conclusion

L'objectif principal de cette étude était de tester si la disposition spatiale de choux chinois, utilisables comme composante *pull* dans la perspective d'une stratégie *push-pull*, pouvait affecter leur efficacité pour réduire la ponte de la mouche du chou *Delia radicum* dans une culture de brocolis. Nos résultats confirment l'effet attractif (*pull*) du chou chinois sur la ponte de *D. radicum* et montrent qu'une disposition en ceinture extérieure combinée à des plants intérieurs semble être la disposition spatiale la plus efficace pour l'utilisation de cette plante piège.

Les comptages de larves et de pupes (en cours d'analyse et non présentés dans ce rapport), doivent maintenant confirmer les résultats observés sur le nombre d'œufs.

Cependant, il restera nécessaire de répliquer ces résultats sur d'autres vols (juin, septembre) et sur d'autres années afin de voir si la tendance observée ici est la même en multipliant les conditions environnementales. Ces dispositions spatiales devront aussi être testées en présence d'une composante *push* (absente de notre essai), les 2 composantes d'une stratégie *push-pull* étant indissociables.

L'inventaire de la communauté du site étant réalisé, une étude plus poussée sur les prédateurs va être mise en place sur le deuxième vol de *D. radicum* (juin – juillet 2017) afin de déterminer réellement, par système de vidéosurveillance en plein champ d'une boite avec des œufs de *D. radicum*, quels sont les prédateurs de la mouche du chou les plus actifs.

Bibliographie

Bates D., Machler M., Bolker B.M., Walker S.C., (2015), Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4, Journal of Statistical Software, **67**, 1-14. doi: 10.18637/jss.v067.i01

Brooks A.R., (1951), Identification of the Root Maggots (Diptera: Anthomyiidae) Attacking Cruciferous Garden Crops in Canada with Notes on Biology and Control, The Canadian Entomologist, **83**, 12p. doi: https://doi.org/10.4039/Ent83109-5

Bligaard J., Meadow R., Nielsen O., Percy-Smith A., (1999), Evaluation of flet traps to estimate egg numbers of cabbage root fly, *Delia radicum*, and turnip root fly, *Delia floralis*, in commercial crops, Entomologia Experimentalis et Applicata, **90**, 141-148. doi: 10.1046/j.1570-7458.1999.00432.x

Coaker T.H., Williams D.A., (1963), The importance of some carabidae and staphylinidae as predators of the cabbage root fly, *Erioischia brassicae* (Bouché), Entomologia Experimentalis et Applicata, **6**, 156-164. doi: 10.1111/j.1570-7458.1963.tb00613.x

Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A., (2007), The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management, Annual Review of Entomology, **52**, 375-400. doi: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091407

De Jong R., Städler E., (1999), The influence of odour on the ovipostion behaviour of the cabbage root fly, Chemoecology, **9**, 151-154. doi: 10.1007/s000490050047

Feller C., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Weber E., (1995), Phanologische Entwicklungsstadien von Gemusepflanzen II. Fruchtgemuse und Hulsenfruchte, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, **47**, 217-232.

Finch, S., (1971), The fecundity of the cabbage root fly *Erioschia brassicae* under field conditions, Entomologia experimentalis et applicata, 14(2), 147-160. doi: 10.1111/j.1570-7458.1971.tb00152.x

Finch S., (1978), Volatile Plant Chemicals and Their Effects on Host Plant Finding by the Cabbage Root Fly (*Delia brasicae*), Entomologia Experimentalis et Applicata, **24**, 150-159. doi: 10.1111/j.1570-7458.1978.tb02793.x

Finch S., Skinner G., (1982), Upwind flight by the cabbage root fly, *Delia radicum*, Physiological Entomology, **7**, 387-399. doi: 10.1111/j.1365-3032.1982.tb00314.x

Finch S., (1989), Ecological considerations in the management of *Delia* pest species in vegetable crops, Annual Review of Entomology, **34**, 117-137. doi: https://doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.001001

Freuler J., Blaser C., (1982), Description d'un piège à œufs pour la mouche du chou, *Delia brassicae* Wiedemann, Bulletin de la Société Entomologique Suisse, **55**, 77-85. doi: http://doi.org/10.5169/seals-402022

Havukkala I., Holopainen J.K., Virtanen M., (1984), Flying periods and oviposition of cabbage root flies in southern and central Finland, Annales Agriculturae Fenniae, **23**, 1-7.

Hokkanen H.M.T., (1991), Trap cropping in pest management, Annual Review of Entomology, **36**, 119-138. doi: https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001003

Jonasson T., (1994), Parasitoids of *Delia* root flies in brassica vegetable crops: coexistence and niche separation in two *Aleochara* species (Coleoptera: Staphylinidae), Norwegian Journal of Agricultural Sciences, **19**, 379-386.

Josso C., (2012), Ecologie des interactions entre la mouche du chou *Delia radicum* et ses ennemis naturels : de la parcelle au paysage. Thèse de l'université de Rennes 1, 187p.

Kergunteuil A., Dugravot S., Danner H., van Dam N.M., Cortesero A.M., (2015), Characterizing Volatiles and Attractiveness of Five Brassicaceous Plants with Potential for a « Push-Pull » Strategy Toward the Cabbage Root Fly, *Delia radicum*, Journal of Chemical Ecology, **41**, 330-339. doi: 10.1007/s10886-015-0575-9

Kergunteuil A., (2013), Des odeurs pour protéger les cultures : utilisation de composés volatils pour modifier le comportement de la mouche du chou, *Delia radicum* et de ses ennemis naturels. Thèse de l'université de Rennes 1, 156p.

Kergunteuil A., Cortesero A.M., Chaminade V., Dourlot S., Paty C., Le Ralec A., Dugravot S., (2015), Field and laboratory selection of brassicaceous plants that differentially affect infestation levels by *Delia radicum*. Journal of Applied Entomology, **139**, 487–495. doi: 10.1111/jen.12187

Khan Z. R., Pickett J. A., Wadham L. J., Hassanali A., Midega C. A., (2006), Combined control of Striga hermonthica and stemborers by maize–Desmodium spp. Intercrops, Crop Protection, **25**, 989-995. doi: 10.1016/j.cropro.2006.01.008

Khan Z. R., Midega C. A., Pittchar J. O., Murage A. W., Birkett M. A., Bruce T. J., Pickett J. A., (2014), Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push–pull innovation by 2020, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, **369**, 20120284. doi: 10.1098/rstb.2012.0284

Khan Z.R., Midega C.A.O., Amudavi D.M., Hassanali A., Pickett J.A., (2007), On-farm evaluation of the « push-pull » technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya, Field Crops Research, **106**, 224-233. doi: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.002

Khan Z.R., Pickett J.A., Wadhams L., Muyekho F., (2001), Habitat Management Strategies For the Control of Cereal Stemborers and Striga in Maize in Kenya, Insect Science and its Application, **21**, 375-380. doi: https://doi.org/10.1017/S1742758400008481

Kühnle A., Müller C., (2011), Relevance of visual and olfactory cues for host location in the mustard leaf beetle *Phaedon cochleariae*, Physiological Entomology, **36**, 68-76. doi: 10.1111/j.1365-3032.2010.00763.x

Lamy F., Poinsot D., Cortesero A.M., Dugravot S., (2016), Artificially applied plant volatile organic compounds modify the behavior of a pest with no adverse effect on its natural ennemies in the field, Journal of Pest Science. doi: 10.1007/s10340-016-0792-1

Lamy F., (2016), Comprendre et manipuler la communication entre les plantes et les insectes pour protéger les cultures : vers l'élaboration d'une stratégie « push-pull » pour lutter contre la mouche du chou (*Delia radicum*).Thèse de l'université de Rennes 1, 153p.

Lenth R.V., (2014), lsmeans : Least-Squares Means. ftp://cran.r-project.org/pub/R/web/packages/lsmeans/lsmeans.pdf. Accés : Mai 2017.

Martel J.W., Alford A.R., Dickens J.C., (2005), Synthetic host volatiles increase efficacy of trap cropping for management of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), Agricultural and Forest Entomology, **7**, 79-86. doi: 10.1111/j.1461-9555.2005.00248.x

McClure F.A., (1966), The bamboos. A fresh perspective, F.A. McClure., Harvard University Press, England, 347p.

Musser F.R, Nault B.A., Nyrop J.P., Shelton A.M., (2005), Impact of a glossy collard trap crop on diamondback moth adult movement, oviposition and larval survival, Entomologia Experimentalis et Applicata, **117**, 71-81. doi: 10.1111/j.1570-7458.2005.00333.x

Oerke E., (2006), Crop losses to pests, The Journal of Agricultural Science, **144**(1), 31-43. doi: 10.1017/S0021859605005708

Peshin R., Bandral R.S., Zhang W., Wilson L., Dhawan A.K., (2009), Integrated Pest Management: A global Overview of History Programs and Adoption in Integrated Pest Management: Innovation-Development-Process, R. Peshin., A.K. Dhawan., Springer, Germany, 1-51. doi: 10.1007/978-1-4020-8992-3

Pyke B., Rice M., Sabine B., Zalucki, M. P., (1987), The push-pull strategy-behavioural control of *Heliothis*. Australian Cotton Grower, **9**, 7-9.

Roger J.L., Jambon O., Bouger G., (2013), Clé de détermination des Carabidae des paysages agricoles du Nord-Ouest de la France, 256pp.

Rousse P., Fournet S., Porteneuve C., Brunel E., (2003), Trap cropping to control *Delia radicum* populations in cruciferous crops : first results and future applications, Entomologia Experimentalis et Applicata, **109**, 133-138. doi: 10.1046/j.1570-7458.2003.00098.x

Ruiz-Sanchez E., (2011), Biogeography and Divergence Time Estimates of Woody Bamboos: insights in the evolution of neotropical bamboos, Boletín de la Sociedad Botánica de México, **88**, 67-75.

Ruther J., Thiemann K., (1997), Response of the pollen beetle *Meligethes aeneus* to volatiles emitted by intact plants and conspecifics, Entomologia Experimentalis et Applicata, **84**, 183–188. doi: 10.1046/j.1570-7458.1997.00213.x

Shelton A.M., Nault B.A., (2004), Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamond moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidaae), Crop Protection, **23**, 497-503. Doi: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.005

Swezey S.L., Nieto D.J., Bryer J.A., (2007), Control of Western Tarnished Plant Bug *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) in California Organic Strawberries Using Alfalfa Trap Crops and Tractor-Mounted Vacuums, Environmental Entomology, **36**, 1457-1465. doi: http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1457:COWTPB]2.0.CO;2

Venables B., Ripley B., (2002), Modern Applied Statistics with S. https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/index.html. Accès : Mai 2017.

Winfield A. L., Wardlow, L. R., Smith B. F.,(1967), Further observations on the susceptibility of maincrop potato cultivars to slug damage, Plant Pathology, **16**, 136-138. doi: 10.1111/j.1365-3059.1967.tb00389.x

Réponse de la mouche du chou et de ses prédateurs à différentes modalités d'implantation d'une culture piège

Résumé

Dans un contexte de réduction des produits phytosanitaires, le principe de la stratégie *push-pull* est de perturber la communication plantes-insectes afin de détourner un insecte phytophage d'une culture d'intérêt vers un hôte de substitution plus attractif appelé plante piège. L'objectif de cette étude de terrain est d'étudier en plein champ l'influence de cinq dispositions spatiales de chou chinois (*Brassica rapa* subsp *pekinensis*) sur l'infestation de la mouche du chou (*Delia radicum*) dans une culture de brocoli (*Brassica oleracea* var *italica*) sans utilisation d'une composante *push*. Le chou chinois a été précédemment montré comme étant une plante attractive pour la mouche du chou. Ce potentiel attractif est confirmé par notre étude et nos résultats indiquent qu'une disposition des choux chinois en ceinture extérieure combinée à des plants intégrés à la culture de brocoli est intéressante pour réduire la ponte de la mouche du chou.

Mots clés : *Delia radicum*, *push-pull*, Chou chinois, Brocoli, Lutte intégrée.

Response of the cabbage root fly and its natural enemies to different placements of a trap crop

Abstract

In the current climate of decrease in the use of phytosanitary products, the aim of the 'push-pull' strategy is to disrupt the communication between plants and insects in order to divert a phytophagous insect from a commercial crop to a more attractive host – a 'trap crop'. The main purpose of our field experiment was to study the influence of five spatial arrangements of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp *pekinensis*) on the infestation of the cabbage root fly (*Delia radicum*) in an open-field broccoli culture (*Brassica oleracea* var *italica*) without using a push component. The Chinese cabbage has previously been shown to be an attractive plant to the cabbage root fly. This potential is confirmed by our study, and our results suggest that an external-belt placement of Chinese cabbage, combined with same-species crops integrated into the broccoli culture, is interesting in order to reduce the oviposition of the cabbage root fly.

Key words: *Delia radicum*, push-pull strategy, Chinese cabbage, Broccoli, Pest Management.