

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

**Étude préliminaire en vue de l'utilisation de lâchers de mouches stériles pour le contrôle
de la mouche du chou (*Delia radicum*) dans les crucifères au Québec**

NUMÉRO DU PROJET : **MONT-1-11-1562**

Réalisé par :
François Fournier, Collège Montmorency, Laval
et Anne-Marie Fortier, Phytodata Inc., Sherrington

Laval, le 10 février 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.

Étude préliminaire en vue de l'utilisation de lâchers de mouches stériles pour le contrôle de la mouche du chou (*Delia radicum*) dans les crucifères au Québec

François Fournier¹ et Anne-Marie Fortier²

Durée : 04/2012– 03/2014

FAITS SAILLANTS (résumé du projet)

Une procédure de stérilisation de la mouche du chou (*Delia radicum*) par irradiation des pupes a été validée en laboratoire. Les taux d'émergence des mouches irradiées n'ont pas été affectés par la dose (35, 45 et 55 gy) et le stade de développement des pupes (6, 8 et 10 jours). Les femelles ont été stérilisées à plus de 99,9% à toutes les doses et âges des pupes testés, ce qui nous assure qu'aucune femelle fertile ne sera relâchée au champ. Des mâles stériles à plus de 90% avec une longévité et une compétitivité comparables à celles de mâles non irradiés ont été obtenus avec une dose d'irradiation de 35 gy appliquées à des pupes d'au moins 8 jours de développement. Près de 80% des femelles étaient accouplées par des mâles stériles lorsqu'ils étaient présents dans un ratio de 4 mâles stériles pour 1 mâle non irradié.

La production de mouche du chou a été validée sur la diète artificielle utilisée pour la production massive de la mouche de l'oignon avec une productivité de 620 ± 135 pupes/250g et un poids moyen des pupes $13,8 \pm 0,5$ µg, des valeurs comparables à celles de la mouche de l'oignon. Toutes les modifications de la diète en vue d'en réduire les coûts ont entraîné une réduction du poids moyen des pupes et/ou de la longévité des mâles et femelles à l'exception de la diète réduite en agar.

Des lâchers de mâles stériles de mouche du chou ont été faits dans des parcelles de 1 ha de radis à un taux de 290 000 mouches/ha entre le 22 avril et le 13 juin 2013. Des œufs ont été observés sur plus de 30% des plants de radis dans toutes les parcelles. Seuls 10% des œufs récoltés étaient des œufs de la mouche du chou, les autres appartenant à d'autres espèces du genre *Delia*. Les lâchers de mâles stériles ont résulté en un taux de stérilité des œufs de 79,4 % dans les parcelles traitées par rapport à 14,2 % dans les parcelles témoins. Malgré l'efficacité des mâles stériles, les dommages à la récolte n'ont pas différé entre les parcelles traitées ($5,5 \pm 0,2\%$) et témoins ($4,9 \pm 0,5\%$), probablement à cause des dommages causés par les autres *Delia* (*Delia platura* et/ou *Delia florilega*). Il est recommandé de clarifier l'importance relative de la mouche du semis et de la mouche du chou dans les crucifères et de poursuivre l'évaluation de l'efficacité des mâles stériles, spécialement dans les crucifères feuilles et fleurs, qui peuvent tolérer un peu de dommages à leurs racines.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

Paramètres de stérilisation. Des pupes de mouches du chou fraîches et âgées de 6, 8 et 10 jours ont été irradiées à des doses de 35, 45 et 55 gy. Le taux d'émergence des adultes, leur longévité et leur fertilité ont été comparés entre les mouches irradiées et témoins. La compétitivité des mâles irradiés avec des mâles non irradiés pour l'accouplement de femelles non irradiées a été évaluée à des ratios de 1:1, 2:1 et 4:1. Les expériences ont été répétées quatre fois.

Comparaison de différentes diètes artificielles.

Dans le but de faciliter sa production de masse au moindre coût, la production de la mouche du chou a été testée sur la diète artificielle d'Ishikawa *et al.* (1983), diète utilisée pour la

¹ Collège Montmorency, Laval (Québec), ² Phytodata Inc., Sherrington (Québec)

production de la mouche de l'oignon. Des modifications ont été apportées à cette diète pour en réduire le coût et en améliorer la texture pour faciliter la récolte mécanique des pupes. Cette diète contient, entre autres, trois sources de protéines: farine de soya, levure de bière et nourriture de cochon d'Inde, de l'agar, de la cellulose et des antibiotiques. Quatre modifications ont touché à la composition en protéines: élimination d'une des sources de protéines et réduction de moitié de toutes les protéines. La quantité d'agar a été réduite de moitié dans une diète et le sulfate de néomycine a été remplacée par du chlortétracycline, un antibiotique avec le même mode d'action mais moins coûteux. Dans toutes les diètes modifiées, de la cellulose a été ajoutée pour compenser la réduction des autres ingrédients. Le nombre de pupes récoltées et leur poids moyen ont été mesurés de même que la longévité des mâles et femelles et la fécondité et le taux d'éclosion des œufs pondus par ces dernières. L'expérience a été répétée 4 fois.

Lâchers de mâles stériles. Des lâchers hebdomadaires de mouches du chou stériles produites à partir de rutabaga frais ont été effectués dans trois champs de radis, chacun ayant deux parcelles de 1 hectare : une traitée avec des mouches stériles et l'autre sans aucune méthode de contrôle. Un total de 290 000 mouches stériles ont été relâchées dans chaque parcelle entre le 22 avril et le 13 juin 2013. L'efficacité de trois types de pièges (conique avec attractif, collant bleu et collant jaune) pour capturer les adultes a été comparée. La ponte a été évaluée en inspectant le collet de 10 plants consécutifs sur 20 sites choisis au hasard; tous les œufs de *D. radicum* ont été incubés pour en vérifier le taux d'éclosion. Les relevés ont été faits deux fois par semaine dans les six parcelles. Les dommages ont été évalués à la récolte en inspectant tous les radis sur 20 longueurs d'un mètre dans chaque parcelle.

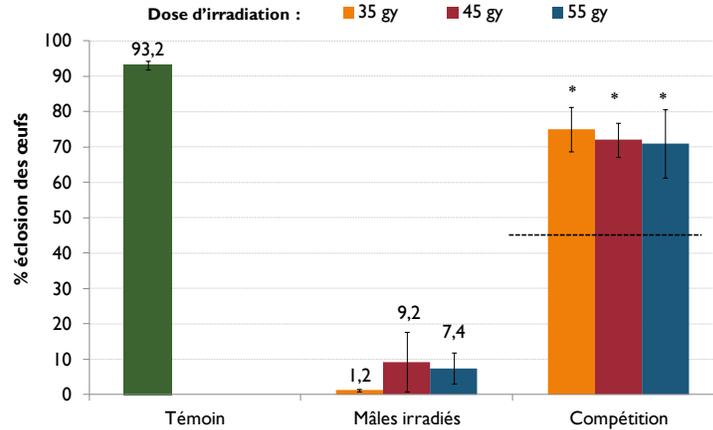
RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Paramètres de stérilisation. Les différents taux d'irradiation ainsi que l'âge des pupes au moment de l'irradiation n'ont eu aucun effet significatif sur le taux d'émergence des adultes, qui a été de $68,5 \pm 6,4 \%$ vs $73,1 \pm 11,2 \%$ pour le témoin. Les femelles ont été stérilisées efficacement à toutes les doses d'irradiation et âges des pupes, avec une ponte moyenne de $0,10 \pm 0,04$ œuf pondu par femelle comparativement à $43,9 \pm 2,9$ œufs pour les femelles non irradiées. La longévité moyenne des femelles n'a cependant pas été affectée par l'irradiation, elle a été de 3,9 jours vs 3,8 jours pour les femelles non irradiées.

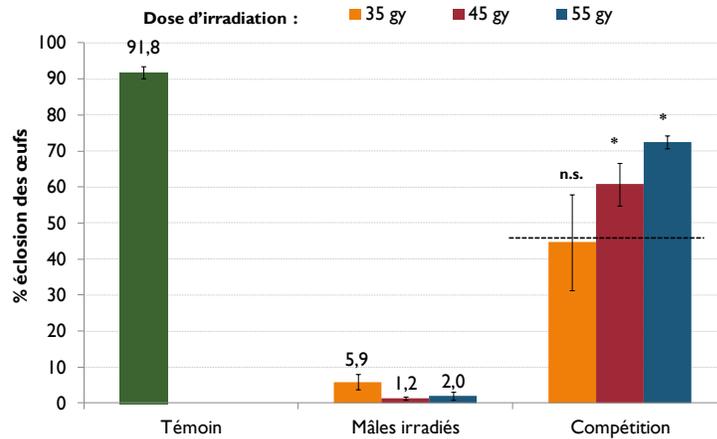
La longévité moyenne des mâles n'a pas été affectée par les doses d'irradiation ($3,9 \pm 0,5$ jours vs $3,8 \pm 0,3$ jours pour le témoin). Cependant les mâles issus de pupes âgées de 6 jours lors de l'irradiation ont eu une longévité moyenne réduite de 14,6% par rapport à celle des pupes âgées de 8 et 10 jours, passant de $4,1 \pm 0,3$ jours à $3,5 \pm 0,5$ jours.

La Figure 1 présente les taux d'éclosion des œufs pondus par les femelles issues de couples de mâles et femelles non irradiés (témoin), de mâles irradiés-femelles non irradiées et des couples où les mâles irradiés étaient en compétition avec des mâles non irradiés pour accoupler des femelles non irradiées (compétition). On constate tout d'abord que le taux d'éclosion des œufs des couples témoins a varié de 89,0 à 93,2 %, un bon indice de la viabilité des insectes produits. La stérilisation des mâles a été généralement efficace, avec des taux d'éclosion des œufs allant de 1,2 à 9,8 % selon les traitements. En général, la stérilité des mâles devrait augmenter avec la dose d'irradiation, ce qui est observé pour les pupes âgées de 8 et 10 jours, où les taux d'éclosion des œufs sont inférieurs à 2,0 % pour les doses de 45 et 55 gy par rapport à 5,9 et 9,8 % à 35 gy. Les résultats avec les mâles issus de pupes de 6 jours sont contradictoires, le plus faible taux d'éclosion étant obtenu avec la plus faible dose d'irradiation.

a) Pupes de 6 jours



b) Pupes de 8 jours



c) Pupes de 10 jours

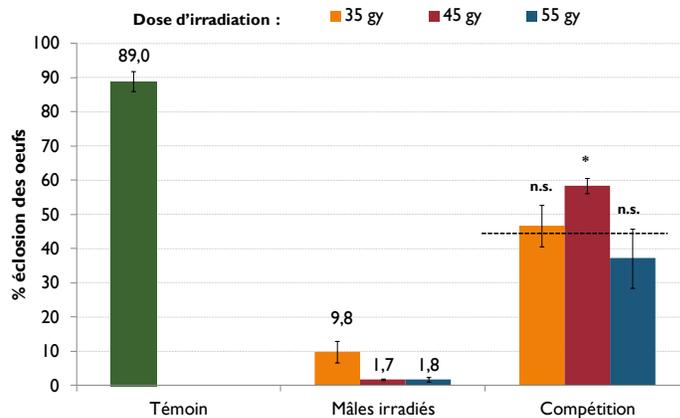


Figure 1 : Effet de trois doses d'irradiation sur la fertilité et la compétitivité de mâles irradiés à différents stades de développement. Les taux d'éclosion des œufs des femelles accouplées avec des mâles irradiés sont statistiquement inférieurs à ceux des témoins ($P < 0,01$). Pour le traitement compétition, la ligne pointillée horizontale indique la moitié du taux d'éclosion des témoins, valeur attendue si les mâles irradiés sont compétitifs. Leur compétitivité est confirmée par un taux d'éclosion des œufs pondus égal (n.s.) ou inférieur à cette valeur (test de conformité). Un taux d'éclosion statistiquement supérieur (*) indique que les mâles irradiés ne sont pas compétitifs.

Les mâles irradiés sont jugés compétitifs avec les mâles non irradiés lorsque la moitié des femelles ayant eu accès aux deux types de mâles en nombre égal est fécondée par des mâles irradiés. Puisque la ponte des femelles est semblable indépendamment du mâle qui l'accouple, on s'attend à une diminution de moitié du taux d'éclosion des œufs pondus par les femelles ayant eu accès aux deux types de mâles en nombre égal. Avec cela en tête, on constate que les mâles issus de pupes âgées de 6 jours au moment de l'irradiation ne sont pas compétitifs (Figure 1a). Les dommages somatiques aux mouches encore en développement sont probablement trop importants à ce stade de développement. Seuls les mâles stériles issus de pupes âgées de 8 jours irradiés à 35 gy ou de pupes de 10 jours irradiées à 35 et 55 gy ont été compétitifs (Figure 1b et 1c). Entre deux doses d'irradiation, il est préférable d'opter pour la plus faible afin de limiter les effets sur la qualité des mâles. La compétitivité des mâles irradiés à 35 gy a été confirmée aux ratios de 1:1, 2:1 et 4:1 qui ont résulté en l'accouplement de $58,6 \pm 0,5\%$; $55,5 \pm 25,7\%$ et $77,1 \pm 7,2\%$ des femelles par des mâles stériles, des valeurs statistiquement semblables aux valeurs théoriques de 50, 66,7 et 80% pour ces trois ratios.

Tous ces résultats indiquent que l'irradiation de pupes âgées d'au moins 8 jours à une dose de 35 gy va produire des femelles stériles à plus de 99,9%, et des mâles stériles dont la longévité et la compétitivité ne sont pas affectées. Un seul bémol, une stérilisation incomplète des mâles avec des taux d'éclosion de 5,9 à 9,8%. La viabilité des jeunes larves issues de ces œufs mériterait d'être évaluée car il est fort probable qu'elle soit limitée. Dans une stratégie de lâchers inondatifs de mâles stériles, il est généralement admis qu'une légère fertilité de mâles compétitifs est préférable à une stérilité complète de mâles non compétitifs.

Tableau 1 : Comparaison de la productivité et de la qualité des mouches duc hou produites sur la diète artificielle témoin (Ishikawa *et al.*, 1983) et des modifications de cette dernière. Les intervalles de confiance de 95% sont indiqués. Dans une même colonne, les lettres indiquent des valeurs statistiquement différentes (ANOVA suivie de contrastes).

Diète	Nb pupes / 250 g de diète	Poids / pupe (µg)	Longévité mâles (jours)	Longévité femelles (jours)	Fécondité 10 jours / femelle	% éclosion des oeufs
Témoin	620 ± 135	13,8 ± 0,5 a	4,2 ± 0,2 a	4,3 ± 0,1 a	54,2 ± 11,5 a	77,0 ± 0,1 a
Chlotétracycline	577 ± 158	11,3 ± 0,5 bc	4,1 ± 0,3 a	4,6 ± 0,4 a	38,4 ± 4,9 b	43,6 ± 0,2 b
Demi agar	612 ± 106	12,6 ± 0,6 ab	4,3 ± 0,2 a	4,4 ± 0,1 a	54,2 ± 6,7 a	83,4 ± 1,0 a
Demi protéines	619 ± 31	10,5 ± 0,2 cd	3,9 ± 0,2 a	4,2 ± 0,1 a	47,8 ± 8,2 a	76,3 ± 1,1 a
Sans levure de bière	657 ± 60	11,0 ± 0,4 bc	4,2 ± 0,6 a	4,3 ± 0,6 a	57,1 ± 11,0 a	77,2 ± 1,6 a
Sans nourriture de cochon d'Inde	554 ± 141	10,0 ± 0,1 d	4,1 ± 0,6 a	4,6 ± 0,2 a	50,8 ± 16,8 a	74,7 ± 0,2 a
Sans farine de soya	504 ± 67	7,4 ± 0,2 e	2,9 ± 0,3 b	2,7 ± 0,5 b	35,2 ± 15,1 b	84,8 ± 0,3 a

Comparaison de différentes diètes artificielles.

La récolte de pupes a été semblable pour les sept diètes artificielles comparées avec une moyenne de 592 ± 107 pupes récoltées par portion de 250 g (Tableau 1). Le taux d'émergence moyen des adultes a été de $96,0 \pm 1,2\%$ et n'a pas été affecté par la composition des différentes diètes. Par contre, la composition des diètes a eu un impact significatif sur le poids

moyen des pupes récoltées à l'exception de la diète réduite en agar (Tableau 1). La chlorotétracycline a eu un effet nocif sur le développement des mouches avec une réduction de 18,2% du poids moyen des pupes. La diminution de la composition en protéines a entraîné une réduction du poids moyen des pupes allant de 20 %, en absence de levure de bière, à 46 % en absence de farine de soya. L'absence de farine de soya dans la diète a aussi eu un impact significatif sur la longévité des mâles et femelles et la fécondité des femelles avec des réductions respectives de 30, 40 et 35 % des valeurs moyennes par rapport au témoin. La chlortétracycline a aussi entraîné des réductions significatives de 29 % de la fécondité des femelles et de 43 % du taux d'éclosion des œufs. Seule la diète réduite en agar n'a eu aucun impact sur la qualité des mouches du chou produites.

Lâchers de mâles stériles dans le radis

De façon générale, les pièges collants, bleus ou jaunes, ont montré plus d'efficacité que les pièges coniques avec appât pour capturer les mâles naturels ou stériles de même que l'ensemble des individus stériles de la mouche du chou (Tableau 2). Les captures de femelles ont été similaires dans les trois types de pièges. L'efficacité relative des pièges collants jaunes et bleus restent à confirmer étant donné le faible niveau de captures observé.

Tableau 2 : Comparaison des captures hebdomadaires de mouches du chou (stériles et naturelles) sur trois types de pièges différents. Dans une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes (test de Tukey-Kramer).

Piège	Mâles naturels	Femelles naturelles	Mouches naturelles	Mâles stériles	Femelles stériles	Mouches stériles
Jaune collant	1,1 ± 0,6 ab	0,3 ± 0,3	1,4 ± 0,8	1,1 ± 0,6 a	1,3 ± 0,6	2,3 ± 1,0 a
Bleu collant	1,8 ± 1,4 a	2,2 ± 2,0	4,0 ± 3,2	0,5 ± 0,4 ab	0,5 ± 0,4	1,0 ± 0,7 ab
Conique	0,3 ± 0,2 b	1,9 ± 0,3	2,0 ± 2,0	0,1 ± 0,2 b	0,7 ± 0,6	0,7 ± 0,6 b

L'intensité de la ponte des mouches du genre *Delia* a été semblable dans l'ensemble des parcelles traitées et témoins, avec des cumulatifs moyens de 32,4 et 32,2 % de plants avec ponte. Par contre, sur les 1287 œufs récoltés dans les six parcelles, seulement 128 étaient des œufs de *D. radicum*, la majorité (90,1 %) ayant été pondue par d'autres mouches du genre *Delia* (Tableau 3). Cependant, près de 80% des œufs de mouche du chou incubés se sont avérés stériles dans les parcelles avec lâchers de mouches stériles, un taux statistiquement supérieur à celui de 14,2 % observé dans les parcelles témoins (Tableau 3). Ce résultat confirme l'efficacité des mâles stériles à accoupler les femelles naturelles dans des sites de petites dimensions.

Les dommages à la récolte n'ont pas différencié entre les parcelles traitées et témoins, qui avaient respectivement 4,9 et 5,5% de radis avec tunnels de larves (Tableau 3). La grande majorité des larves présentes dans les radis endommagés au moment de la récolte étaient des larves de mouches du chou, à la fois dans les parcelles traitées (73,8%) et témoins (79,1%). Il est possible que la ponte plus hâtive et/ou le développement plus rapide de *Delia floralis* et *Delia floralis* expliquent qu'ils ne soient plus présents dans les radis au moment de la récolte.

Tableau 3: Comparaison de l'intensité de la ponte, de la stérilité des œufs de *D. radicum* et des dommages à la récolte dans les parcelles témoins et traitées aux mouches stériles. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes. n.s. : différence non significative.

Paramètre	Témoin	Mouches stériles	Résultat de l'analyse statistique
Cumul du % de plants avec ponte	32,4 ± 0,2	32,2 ± 0,1	t = 0,018; P = 0,987, n.s.
Nb moyen d'œufs <i>D. radicum</i>	18,3 ± 17,5	24,3 ± 10,3	t = 0,579; P = 0,594; n.s.
autres <i>Delia</i>	184,3 ± 82,4	202,0 ± 50,8	t = 0,442; P = 0,681; n.s.
% stérilité œufs de <i>D. radicum</i>	14,2 ± 7,3 b	79,4 ± 0,6 a	t = 3,495; P = 0,025 *
% de dommages à la récolte	4,9 ± 0,5	5,5 ± 0,2	t = 0,206; P = 0,847; n.s.
% larves de <i>D. radicum</i> dans les radis endommagés	79,1 ± 1,1	73,8 ± 0,3	t = 0,745; P = 0,497; n.s.

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

Le potentiel des lâchers de mâles stériles est confirmé par ce premier essai avec près de 80% de stérilité des œufs de mouche du chou dans le radis. Cependant, les dommages à la récolte n'ont pas été réduits de façon significative à cause de la ponte importante des autres espèces de *Delia* durant le printemps 2013. Le développement plus rapide de la mouche du semis explique sans doute que peu de larves de cette espèce aient été retrouvées dans les radis au moment de la récolte. D'autres essais devraient être faits pour vérifier deux choses: est-ce que la ponte élevée de la mouche du semis a été un phénomène particulier au printemps 2013 (frais et humide) ou s'agit-il d'un phénomène régulier dans les radis ou même dans les crucifères en général. Est-ce que les lâchers de mouches du chou stériles ont un meilleur potentiel dans les crucifères feuilles (chou, chou chinois) ou fleurs (brocolis, choux fleurs) que dans les crucifères racines (radis, daïkons, rutabagas) puisqu'ils semblent pouvoir tolérer un certain niveau de dommage à leurs racines sans perte de récolte. Le suivi de la viabilité de tous les œufs de *Delia* récoltés et de la présence de larves dans les plants avant la récolte va permettre de répondre à ces questions.

Cette méthode de contrôle a un excellent potentiel de transférabilité aux producteurs de crucifères pour remplacer le chlorpyrifos, le principal contaminant de l'eau de surface en zone de production maraîchère au Québec. Des producteurs de crucifères nous indiquent que les applications d'insecticides chimiques sont souvent impossibles à faire au printemps à cause du sol détrempé. Les lâchers de mouches stériles offriraient une alternative intéressante à la circulation de machinerie lourde dans ces conditions.

L'utilisation des lâchers de mâles stériles a été développée pour le contrôle de la mouche de l'oignon (*Delia antiqua*) depuis 2005. L'emploi du chlorpyrifos a été abandonné au profit des mouches stériles sur 240 et 278 ha d'oignons en 2012 et 2013, soit environ 10% des superficies d'oignons cultivées au Québec. Ce changement a permis d'instaurer un véritable programme de lutte intégrée (culture piège, mouches stériles, dépistage) qui n'utilise les pesticides chimiques qu'en dernier recours. La compagnie de recherche Phytodata a amélioré ses installations de production pour la saison 2014. Toute l'expertise développée pour la production et l'utilisation de mouches de l'oignon stériles pourra rapidement être transférée à la mouche du chou.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : François Fournier

Téléphone : 450-975-6100, poste 6920

Courriel : Francois.Fournier@cmontmorency.qc.ca

