

AFPP – DIXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES RAVAGEURS EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 22 ET 23 OCTOBRE 2014

NUISIBILITÉ DE LA CÉCIDOMYIE ÉQUESTRE, *HAPLODIPLOSIS MARGINATA* (VON ROSER) ET
PROTECTION DU BLÉ TENDRE D'HIVER

F. CENSIER⁽¹⁾, S. CHAVALLE⁽²⁾, G. SAN MARTIN Y GOMEZ⁽²⁾, D. WITTOUCK⁽³⁾,
M. DE PROFT⁽²⁾, B. BODSON⁽¹⁾

⁽¹⁾ Unité de Phytotechnie des Régions tempérées, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège,
Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgique – E-mails : florence.censier@ulg.ac.be ;
b.bodson@ulg.ac.be

⁽²⁾ Unité de Protection des Plantes et Ecotoxicologie, Département Sciences du Vivant, Centre wallon
de Recherches agronomiques, bâtiment Balachowsky, Chemin de Liroux 2, B-5030 Gembloux,
Belgique – E-mails : s.chavalle@cra.wallonie.be ; g.sanmartin@cra.wallonie.be ;
deproft@cra.wallonie.be

⁽³⁾ Agriculture Department, Inagro vzw, Ieperseweg 87, B-8800 Rumbeke-Beitem, Belgique – E-mail :
daniel.wittouck@inagro.be

RÉSUMÉ

Depuis quelques années, la cécidomyie équestre, *Haplodiplosis marginata* (von Roser) connaît une recrudescence dans plusieurs pays d'Europe, et inflige quelquefois de sévères dégâts aux céréales. Des essais ont été menés dans des champs fortement infestés afin d'évaluer la nuisibilité du ravageur envers le blé tendre d'hiver. A cette fin, des schémas de protection comprenant une à quatre applications successives de lambda-cyhalothrine ont permis de faire varier la fenêtre d'exposition de la culture aux attaques de l'insecte. L'impact du ravageur sur le rendement s'est avéré important et étroitement corrélé au nombre de galles induites sur les tiges. Ces essais ont aussi montré l'importance de la synchronisation entre l'application d'un traitement et le déroulement des vols pour obtenir une bonne efficacité. Enfin, ils ont révélé que dans certaines situations, l'insecticide appliqué lors des tout premiers vols pouvait atteindre les larves encore présentes dans le sol.

Mots-clés : Diptère, Cecidomyiidae, traitement insecticide, galles, pertes de rendement.

ABSTRACT

IMPACT OF THE SADDLE GALL MIDGE, *HAPLODIPLOSIS MARGINATA* (VON ROSER) AND PROTECTION OF WINTER WHEAT

These last years, the resurgence of the saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* (von Roser), has been observed in several European countries and this pest has sometimes inflicted severe damage in cereals. Trials were conducted in heavily infested fields to assess its nuisibility to winter wheat crops. For this purpose, protection schemes including one to four successive applications of lambda-cyhalothrin allowed to vary the exposure period of wheat to the saddle gall midge. The impact of the pest on yield was substantial and closely correlated to the number of galls induced on stems. These trials also showed the importance to synchronize insecticide sprayings with flights to obtain a good efficacy. Eventually they revealed that applying insecticide at the moment of first flights could in some cases reach the larvae still present in the soil.

Keywords: Diptera, Cecidomyiidae, insecticide treatment, galls, yield losses.

INTRODUCTION

Depuis 2010, la cécidomyie équestre, *Haplodiplosis marginata* (von Roser, 1840) connaît une recrudescence en Belgique ainsi que dans d'autres pays européens tels que les Pays-Bas, le Royaume-Uni ou encore la France (Censier *et al.*, 2012 ; Dewar, 2012). Ce petit diptère univoltin de la famille des Cecidomyiidae est un ravageur majeur en Europe Centrale, mais est beaucoup moins fréquent en Europe de l'Ouest (Skuhrová, 2000). Ainsi, en Belgique, la dernière pullulation connue remontait au milieu des années 60, et cet insecte n'avait ensuite plus été détecté pendant près de 40 ans (De Clercq et D'Herde, 1972 ; Skuhrová *et al.*, 1983).

La cécidomyie équestre se développe aux dépens des céréales, à l'exception de l'avoine qui subit rarement d'importants dégâts. Le blé tendre est quant à lui admis comme l'espèce céréalière la plus sensible (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; Golightly, 1979 ; Skuhrová *et al.*, 1983). Les adultes émergent généralement au cours de la montaison des plantes, parfois dès la mi-avril et jusqu'à la fin-juin. Le plus souvent, la vie d'un individu adulte ne dépasse pas cinq jours. Après la copulation, les femelles pondent des chapelets d'œufs sur les feuilles les plus jeunes. Après l'éclosion des œufs, les larves migrent vers la tige pour aller se loger sous la gaine, où elles vont s'alimenter au détriment des tiges, et induire la formation de galles de 5 à 10 mm en forme de selle de cheval. Une fois qu'elles ont terminé leur phase alimentaire, les larves au stade L3 quittent les tiges à la faveur des pluies, généralement entre fin juin et fin juillet. Elles s'enfouissent alors dans le sol pour y demeurer au moins jusqu'au printemps suivant, où elles remontent vers la surface du sol en vue de la nymphose (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; De Clercq et D'Herde, 1972 ; Skuhrová *et al.*, 1993).

Les femelles pondent préférentiellement sur les feuilles les plus jeunes, la localisation des dégâts sur les tiges reflète la phénologie des vols. En effet, lors de vols précoces, les œufs sont pondus sur les feuilles inférieures de la plante, et les larves qui en résultent engendrent des galles sur les entre-nœuds inférieurs, alors que les vols les plus tardifs induisent des galles sur les entre-nœuds supérieurs (Barnes, 1956). En fonction du moment et de l'intensité de l'attaque d'*H. marginata*, la formation de ces galles peut engendrer une diminution de la longueur de l'épi, du nombre de grains et aussi de la qualité du grain, voire même inhiber totalement la formation de l'épi dans des cas extrêmes (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; De Clercq et D'Herde, 1972 ; Golightly, 1979). De plus, la présence de galles favorise le développement de pathogènes tels que des champignons et des bactéries, mais également le bris des tiges, ce qui accroît encore les pertes de rendement (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; De Clercq et D'Herde, 1972).

Au cours des années 60 et 70, quelques études ont été menées afin d'évaluer la nuisibilité de la cécidomyie équestre. Elles ont montré que l'impact de ce ravageur sur le blé tendre d'hiver pouvait être très variable. Ainsi, pour des niveaux d'infestation de 1 à 10 galles par tige, Rácz (1973) a mesuré une diminution du poids des grains par épi de 38 %, tandis que De Clercq et D'Herde (1972) ont évalué que la perte de rendement en grains variait entre 12 et 15 %.

De fortes attaques d'*H. marginata* peuvent donc provoquer des pertes sévères de rendement, d'où la nécessité de développer une méthode de lutte adaptée. Cette étude vise à évaluer la nuisibilité de la cécidomyie équestre pour des variétés contemporaines de blé tendre d'hiver, conduites selon les pratiques culturales actuelles. Il s'agit également de déterminer comment protéger au mieux la culture en fonction du déroulement des vols, à l'aide d'insecticide, lorsque l'on se trouve confronté à de fortes infestations d'*H. marginata*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SITES D'EXPÉRIMENTATIONS

Deux essais similaires ont été conduits en 2012 et 2013 en Belgique, respectivement à Veurne (51°4,18' N ; 2°43,25' E) et à Blankenberge (51°17,5' N ; 3°08,9' E), deux sites situés dans les Polders côtiers, une région à sols argileux où la charge céréalière est élevée. Ces essais ont été installés dans des champs de blé tendre d'hiver (variétés Carenius en 2012 et Henrik en 2013) fortement infestés par *H. marginata*.

Pour chaque essai, le dispositif expérimental comprenait 44 parcelles, respectivement de 30 m² (3 m x 10 m) et 19,5 m² (3 m x 6,5 m) en 2012 et 2013. Six modalités ont été comparées selon un dispositif en carrés latins de quatre répétitions, avec présence de 20 témoins systématiques non traités répartis au sein des blocs, de manière à avoir au moins un contrôle pour chaque combinaison de bloc horizontal et de bloc vertical.

Les données météorologiques des deux sites d'essais ont été enregistrées au champ à partir d'un pluviomètre relevé quotidiennement et d'une ThermoPuce® (Waranet Solutions SAS, Auch, France) placée à 1 m du sol.

MONITORING DES VOLS D'*H. MARGINATA*

En 2012 comme en 2013, le suivi des vols d'*H. marginata* a été réalisé afin de déterminer le moment adéquat pour effectuer les traitements insecticides. Pour cela, trois pièges à noyade distants de 30 m ont été placés dans trois parcelles témoins. Ces pièges étaient constitués de cuvettes jaunes Flora® (Signe Nature, La Chapelle d'Armentières, France) fixées sur une tige en fibre de verre et disposées à 0,2 m du sol. Les cuvettes contenaient 1 L d'eau savonneuse renouvelée régulièrement. Les insectes capturés dans ces pièges ont été récoltés quotidiennement, du 19/04/2012 au 22/06/2012 et du 29/04/2013 au 10/07/2013. Les adultes d'*H. marginata* ont ensuite été identifiés, sexés et comptés.

PROTECTION INSECTICIDE

Pour les deux expérimentations, le KARATE ZEON (lambda-cyhalothrine 100 g/L) a été utilisé. L'efficacité de ce pyréthrianoïde contre *H. marginata* avait déjà été démontrée lors d'essais antérieurs (Popov *et al.*, 1998 ; Censier *et al.*, 2012). L'insecticide a été appliqué, soit par applications uniques échelonnées au cours du temps, soit en quatre applications successives (Tableau I). Le témoin, quant à lui, n'a été pulvérisé qu'avec de l'eau.

Tableau I : Description des modalités de traitement.
(Description of applied treatments)

Modalités de traitement	Substance active, concentration et formulation	Dose (L/ha)	Date A	Date B	Date C	Date D
Témoin	–	–	–	–	–	–
Trait. A	lambda-cyhalothrine 100 g/L CS	0,05 L	X	–	–	–
Trait. B	lambda-cyhalothrine 100 g/L CS	0,05 L	–	X	–	–
Trait. C	lambda-cyhalothrine 100 g/L CS	0,05 L	–	–	X	–
Trait. D	lambda-cyhalothrine 100 g/L CS	0,05 L	–	–	–	X
Trait. 4x	lambda-cyhalothrine 100 g/L CS	0,05 L	X	X	X	X

Chaque année, le premier traitement insecticide a été effectué quelques jours après le premier pic de captures, soit respectivement le 04/05/2012 et le 22/05/2013. Les applications suivantes ont été réalisées à intervalles d'environ 10 jours en 2012 et de 14 jours en 2013, de manière à couvrir l'ensemble de la période de vols. Toutes les pulvérisations ont été effectuées à l'aide d'un pulvérisateur à dos équipé d'une rampe de 3 m, et à un litreage équivalent à 200 L de bouillie/ha.

ÉVALUATION DE L'INFESTATION PAR *H. MARGINATA* ET MESURE DES RENDEMENTS

Les niveaux de dégât ont été mesurés en prélevant de manière aléatoire 30 tiges au sein de chaque parcelle, après la fin de la phase d'alimentation des larves, respectivement le 10/07/2012 et le 31/07/2013. Ces tiges ont ensuite été défeuillées, et les galles présentes sur chaque entre-nœud ont été dénombrées.

Les parcelles d'essai ont été récoltées à l'aide d'une moissonneuse batteuse expérimentale équipée d'une barre de coupe de 3 m, respectivement le 11/08/2012 et le 29/08/2013. La récolte de chaque parcelle a été pesée immédiatement sur le champ, et un échantillon de 1 kg de grains a été ensaché pour en mesurer l'humidité. Le rendement de chaque parcelle a alors été exprimé en kg de grains/ha, ramené à 15 % d'humidité.

ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du programme R 3.0.1 (R Development Core Team, 2013), et les données de chaque année d'essai ont été analysées séparément.

Les deux variables dépendantes (nombre de galles par 100 tiges et rendement) ont été analysées de la même façon, en utilisant des modèles linéaires mixtes avec une distribution Gaussienne des résidus. Les modalités de traitement ont été déterminées comme variable explicative fixe, tandis que les blocs horizontaux et les blocs verticaux ont été définis comme variables explicatives aléatoires. Une transformation racine carrée a été appliquée aux nombres de galles par 100 tiges, pour limiter les problèmes d'hétéroscédasticité. Les conditions d'applications des modèles ont été vérifiées au moyen de graphiques des résidus.

Pour l'ensemble des tests, la significativité des différences entre modalités a été testée de manière globale au moyen de tests de rapport de vraisemblance (TRV) (analyse de la déviance). Cette statistique de tests suit une distribution χ^2 . Lorsque le test global était significatif, toutes les comparaisons deux à deux entre modalités ont été réalisées et les P-valeurs ont été corrigées pour les comparaisons multiples en utilisant une généralisation du test de Tukey (Bretz *et al.*, 2011). Il est important de noter que les données concernant les niveaux de dégâts et les rendements ne sont pas les valeurs observées, mais bien les valeurs estimées par le modèle statistique, après la prise en compte de l'effet bloc.

RÉSULTATS

MONITORING DES VOLS D'*H. MARGINATA* ET LOCALISATION DES DÉGÂTS

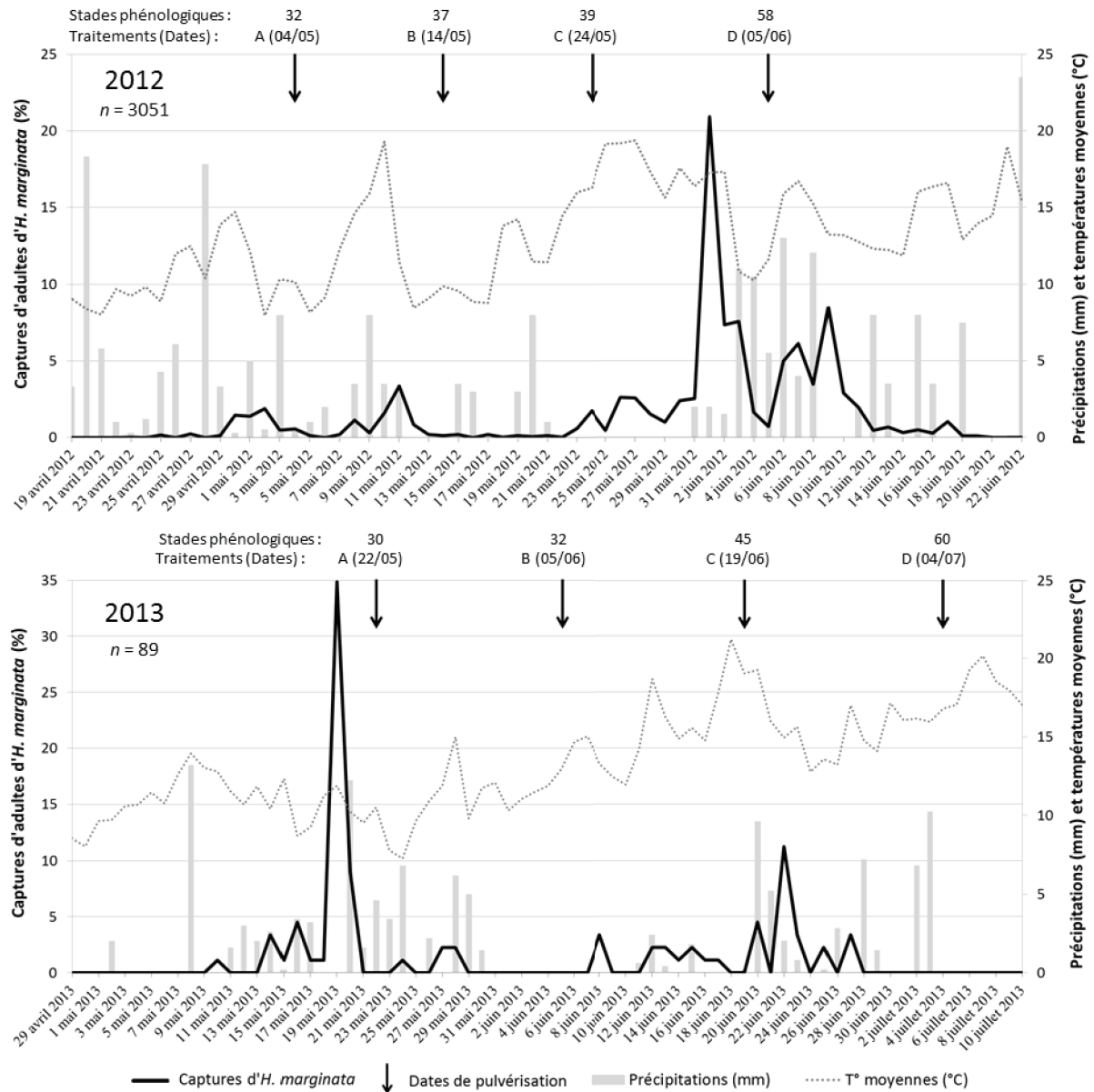
Les patrons de vol peuvent varier très fortement d'une année à l'autre et sont liés aux conditions météorologiques (Figure 1). En 2012, les vols ont été très étalés et les captures abondantes : les premières captures d'*H. marginata* ont eu lieu le 25/04 et se sont prolongées jusqu'au 19/06 ($n = 3051$). Les captures les plus abondantes (61 %) ont été réalisées entre le 01/06 et le 09/06, après la montaison des tiges. Dès lors, les galles ont logiquement été distribuées uniquement sur les trois entre-nœuds supérieurs des tiges et en grande majorité sur les deux premiers, avec en moyenne 40 % et 59 % des galles respectivement sur les entre-nœuds 1 (entre-nœud supérieur) et 2.

En 2013, les vols ont été plus tardifs et moins abondants, et les adultes d'*H. marginata* ont été capturés du 10/05 au 27/06 ($n = 89$). Bien que des dégâts aient été localisés sur les quatre entre-nœuds supérieurs des tiges, les galles ont été dénombrées en grande majorité sur le premier entre-nœud, avec en moyenne près de 80 % des galles sur celui-ci pour les tiges des parcelles témoins. Il semblerait donc que les émergences abondantes des 19/05 et 20/05, qui ont eu lieu avant la montaison des céréales et qui ont constitué le principal pic de captures de toute la saison, n'aient induit que très peu de dégâts, puisque moins d'1 % des galles ont été observées sur les deux entre-nœuds inférieurs. Cette absence de dégâts s'explique vraisemblablement par l'orage intense qui a eu

lieu juste après ce pic de vol (12,2 mm le 20/05) (Figure 1), qui aurait décroché les œufs des feuilles et tué les adultes présents dans la culture. En 2012 tout comme en 2013, il apparaît donc que seules les émergences tardives aient induit des dégâts importants.

Figure 1 : Pourcentage d'adultes d'*H. marginata* capturés en 2012 (A) et 2013 (B) dans les champs d'essai, avec données météorologiques et stade phénologique de la culture lors de chaque traitement (Zadoks *et al.*, 1974).

(*H. marginata* flight patterns of trial fields in 2012 (A) and 2013 (B) with meteorological data and growth stages at each spraying date)

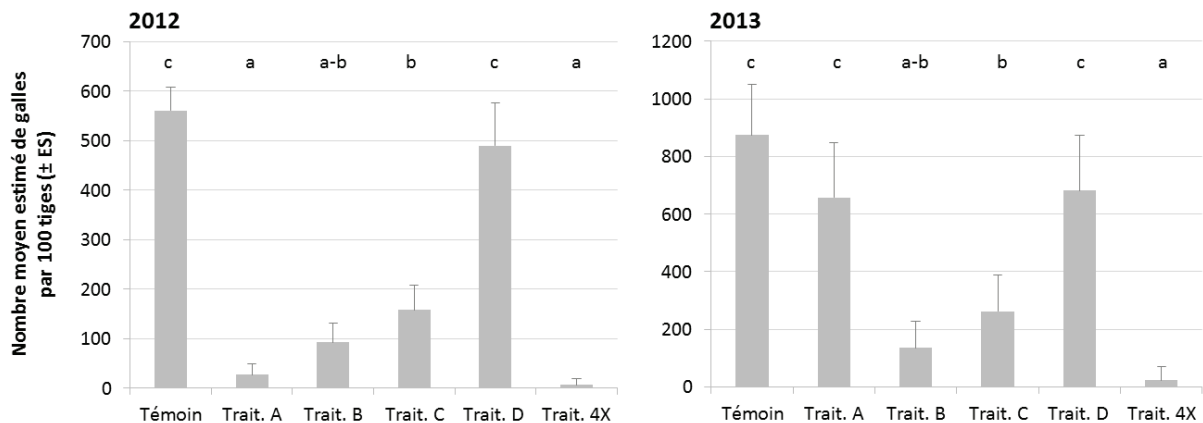


EFFICACITÉ DES TRAITEMENTS INSECTICIDES

En 2012 et 2013, la comparaison des niveaux de dégâts a montré des différences très hautement significatives entre les modalités (2012 : $\chi^2 = 83,49$; $dl = 5$; $p < 0,0001^{***}$; 2013 : $\chi^2 = 56,26$; $dl = 5$; $p < 0,0001^{***}$) (Figure 2).

Figure 2 : Nombre moyen estimé de galles par 100 tiges (\pm Erreur-Standard) en fonction des différentes modalités de traitement en 2012 (A) et 2013 (B).

(Estimate mean number of galls (\pm SE) in relation to applied treatments in 2012 (A) and 2013 (B))



Les valeurs portant au moins un indice commun ne sont pas significativement différentes, selon les tests de Tukey ($\alpha = 0,05$).

En 2012, les traitements insecticides se sont tous distingués significativement du témoin, pour lequel l'infestation moyenne atteignait 560 galles par 100 tiges, à l'exception du traitement le plus tardif (Trait. D : 490 galles par 100 tiges). De manière globale, pour les modalités avec un traitement unique, plus l'application insecticide a été précoce, plus elle a réduit le nombre de galles par 100 tiges. Le traitement à quatre applications a montré une efficacité du même ordre de grandeur que le traitement unique le plus précoce, avec des diminutions respectives de 99 % et 95 % du nombre de galles.

Une observation inédite a été réalisée dans les jours qui ont suivi l'application du premier traitement insecticide (Date A : 04/05/2012) : des larves de cécidomyie équestre intoxiquées ont été observées en très grands nombres à la surface du sol des parcelles traitées. Les larves visibles sur une fenêtre de 1 dm² de surface de sol ont été comptées le 10/05/2012 au sein de quatre parcelles témoins et de quatre parcelles traitées. Six comptages distincts ont été réalisés dans chaque parcelle : trois dans des zones à végétation dense et trois dans des zones à faible végétation (défauts de levée du semis, traces de passage du tracteur...). En moyenne, $26 \pm 27,0$ larves/dm² ont été dénombrées pour les parcelles traitées, contre seulement $0,4 \pm 0,65$ larves/dm² dans les parcelles témoins. L'écart-type élevé peut s'expliquer par la forte variabilité de l'infestation entre deux endroits proches et/ou par le nombre restreint de comptages. Dans les parcelles traitées, le nombre de larves d'*H. marginata* présentes sur le sol était également beaucoup plus important dans les zones à faible couvert, avec en moyenne $36 \pm 35,0$ larves/dm², contre $15 \pm 6,8$ larves/dm² dans les zones à végétation dense.

En 2013, seuls les traitements B, C et 4X se sont significativement différenciés du témoin, où le niveau de dégâts atteignait en moyenne 875 galles par 100 tiges, avec des efficacités respectives de 85 %, 70 % et 97 %.

NUISIBILITÉ D'*H. MARGINATA* ET EFFET DES TRAITEMENTS INSECTICIDES SUR LE RENDEMENT

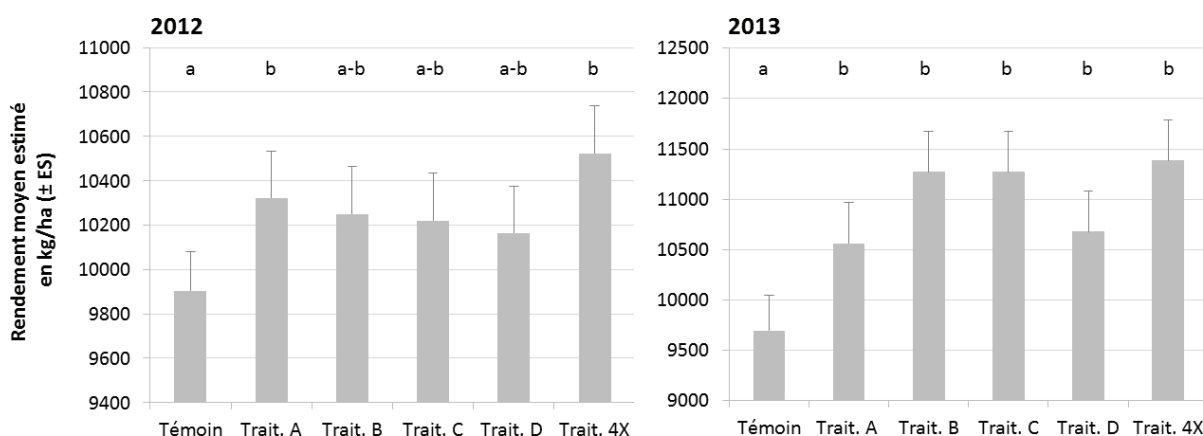
L'analyse du rendement moyen estimé a révélé l'existence de différences très hautement significatives entre les modalités de traitement, aussi bien pour 2012 ($\chi^2 = 23,88$; $dl = 5$; $p = 0,0002^{***}$) que pour 2013 ($\chi^2 = 47,21$; $dl = 5$; $p < 0,0001^{***}$) (Figure 3). Pour les deux années d'essai, une corrélation étroite a été observée entre le niveau de dégâts et le rendement : plus le nombre de galles par 100 tiges était élevé et plus la perte de rendement estimée était importante.

En 2012, le rendement moyen en grains a été estimé à 9905 kg/ha pour le témoin. Seuls les traitements A et 4X se sont distingués significativement du témoin, avec des augmentations de 420 kg/ha et de 620 kg/ha en moyenne.

En 2013, l'impact des traitements insecticides sur le rendement a été encore bien plus important qu'en 2012. Ainsi, pour toutes les modalités incluant au moins une application insecticide, les rendements moyens ont été significativement plus élevés que le témoin, dont le rendement moyen atteignait 9700 kg/ha, avec des augmentations moyennes de 865 kg/ha à 1690 kg/ha, soit un gain de rendement de 8,9 % à 17,4 %.

Figure 3 : Rendement moyen estimé en kg/ha (\pm Erreur-Standard) en fonction des différentes modalités de traitement en 2012 (A) et 2013 (B).

(Estimate mean yield (\pm SE) in relation to applied treatments in 2012 (A) and 2013 (B))



Les valeurs portant au moins un indice commun ne sont pas significativement différentes, selon les tests de Tukey ($\alpha = 0,05$).

DISCUSSION

Les patrons de captures des adultes d'*H. marginata* ne sont pas toujours représentatifs de l'intensité de l'attaque, ni de la localisation des galles. Ils ne permettent donc pas de prédire les dommages qui seront causés à la culture. Ainsi, proportionnellement aux niveaux de dégâts constatés dans les parcelles témoins, 50 fois moins d'insectes ont été piégés par cuvette en 2013 par rapport à 2012, alors que les dégâts les plus importants (dans les parcelles témoins) ont été observés la seconde année d'essai. Ce paradoxe pourrait s'expliquer par une influence majeure des conditions climatiques sur la réussite de la phase épigée de l'insecte : les œufs pourraient se décrocher facilement des feuilles sous l'effet du vent et des pluies. Quant aux nymphes qui se trouvent à ras de la surface du sol et aux adultes, ils pourraient bien, eux-aussi, être exposés à une action destructrice des pluies battantes. Ainsi, en 2013, le pic de capture qui s'est produit juste avant l'orage du 20 mai n'a donné lieu à aucune formation de galles sur les entre-nœuds existant à cette époque, alors que les vols de la dernière décade de juin, pourtant beaucoup moins nombreux, ont donné lieu à d'importants dégâts sur les entre-nœuds supérieurs des tiges. De la même manière, les précipitations très régulières et abondantes constatées en 2012 pourraient avoir eu un impact similaire au cours de la période critique de l'émergence des adultes, des pontes et de la maturation des œufs.

L'efficacité des traitements à base de lambda-cyhalothrine a été très variable en fonction des dates de traitement et de l'année. En 2013, seuls les traitements B et C ont permis de protéger efficacement la culture des attaques d'*H. marginata*, c'est-à-dire lorsque les applications ont été effectuées durant la période où les vols ont été les plus dommageables, entre le 05/06 et le 30/06/2013. A l'inverse, le traitement D n'a pas engendré de diminution significative des dégâts. Ce traitement, très tardif, a été réalisé six jours après les derniers vols, lorsque la grande majorité des larves se trouvaient déjà protégées sous les gaines foliaires. Les résultats de 2013 démontrent donc la nécessité de réaliser les pulvérisations insecticides dans les jours qui suivent un pic de vols pour que le traitement soit efficace, afin de cibler non seulement les adultes présents dans la culture, mais surtout les œufs et les jeunes larves migrant vers leur site d'alimentation. Les mêmes constatations avaient été réalisées dans des essais menés antérieurement (De Clercq et D'Herde, 1972 ; Mölck, 2007 ; Censier *et al.*, 2012).

En 2012, les vols observés entre le 01/06 et le 09/06 ont engendré le plus de dégâts dans les parcelles témoins et correspondent très probablement aux insectes qui se sont nymphosés dans les parcelles non-traitées peu après le moment de la première pulvérisation. Au contraire, dans les parcelles traitées en Date A, ces larves auraient été intoxiquées par la lambda-cyhalothrine lors du traitement A et n'auraient donc généré aucun vol début juin. Cette hypothèse est appuyée par le très faible nombre de galles qui ont été observées sur les entre-nœuds supérieurs pour ces modalités (Trait. A et Trait. 4X). En effet, lors du premier traitement, et en fonction de la densité de la végétation, une part plus ou moins importante de la bouillie pulvérisée aurait atteint le sol. Grâce à une bonne humectation de la terre, suite aux précipitations régulières, l'insecticide aurait alors atteint les larves présentes dans le(s) premier(s) centimètre(s) juste avant le début de leur nymphose. La lambda-cyhalothrine, étant un insecticide neurotoxique, aurait alors « excité » les larves et aurait provoqué leur apparition massive à la surface du sol. Cet insecticide aurait donc eu des effets létaux sur ces larves, en empêchant la nymphose ou l'émergence des adultes, voire des effets sublétaux, se traduisant par l'incapacité d'engendrer une génération viable pour les larves devenues adultes. Il semblerait également que cet effet des traitements insecticides se soit atténué au fil des applications, étant donné que le pourcentage d'interception de la bouillie par la végétation en pleine croissance est passé de 50 % à 90 % (Van Beinum et Beulke, 2009) entre le 04/05/2012 (Trait. A, stade 32) et le 05/06/2012 (Trait. D, stade 58) (Figure 1).

S'il est crucial de déterminer le moment adéquat d'un traitement, il est également nécessaire de savoir combien de traitements il faut réaliser. Lors d'un pic de vol unique, un seul traitement, réalisé dans de bonnes conditions climatiques, suffit généralement à protéger la culture contre les dégâts d'*H. marginata*. Ainsi, en 2013, le traitement quadruple n'a pas été significativement plus efficace que les traitements uniques (B et C) qui étaient synchronisés avec les pics de vol dommageables (Figure 1). Les essais menés par Mölck (2007) avaient déjà mis en évidence que des pertes significatives de rendement pouvaient être évitées grâce à la réalisation d'un seul traitement insecticide. Par contre, dans les situations où les vols sont distribués sur une longue période, un traitement unique ne permet pas de couvrir l'ensemble de la période d'émergence, et il est nécessaire dans ce cas d'effectuer plusieurs traitements successifs (Rijsten, 1967 ; Popov *et al.*, 1998 ; Censier *et al.*, 2012). De bonnes conditions météorologiques sont également déterminantes pour la réussite d'un traitement, au risque de rendre celui-ci inutile. Ce fut par exemple le cas pour la dernière application insecticide de 2012 (Trait. D) qui, bien que synchronisée avec les captures les plus abondantes, a été inefficace, puisqu'elle a été effectuée juste avant des pluies abondantes (Figure 1).

Les traitements insecticides ont conduit à des augmentations significatives de rendement, en 2012 comme en 2013. Par ailleurs, une corrélation claire a été mise en évidence entre les dégâts et le rendement : moins les tiges ont été touchées, plus le rendement était élevé. Les pertes de rendement constatées dans les parcelles témoins ne sont attribuables qu'à *H. marginata*, et non à d'autres ravageurs. En effet, en Belgique, les années 2012 et 2013 ont été particulièrement

remarquables par les très faibles niveaux de populations de pucerons, thrips et criocères des céréales (Chavalle *et al.*, 2013 ; Chavalle *et al.*, 2014). Par contre, en ce qui concerne la cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin), celle-ci était bien présente. Cependant, les vols mesurés sur les sites d'essais ont été trop faibles en 2012, et ils n'ont pas coïncidé avec la phase sensible du blé en 2013 (Chavalle, non-publié).

La cécidomyie équestre est un insecte très discret et ses dégâts sont souvent sous-estimés. En effet, les essais ont montré que son impact sur le rendement était significatif et qu'elle pouvait même être très nuisible lors de fortes infestations, comme en 2013 où le ravageur a provoqué la perte d'un sixième de la récolte, soit près de deux tonnes. Cependant, pour un même niveau d'infestation, l'impact des attaques et des galles peut aussi être très variable et dépend de plusieurs facteurs. Le choix de la variété joue probablement un rôle prépondérant, puisque des études antérieures ont révélés des niveaux de sensibilité variétale significativement différents (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; Golightly et Woodville, 1974). L'impact du ravageur sur la culture est également fortement déterminé par la localisation des dégâts sur la plante, qui est influencée par le déroulement des vols, les conditions environnementales, mais aussi par des facteurs culturaux comme la date de semis. En effet, plus le stade phénologique des céréales est précoce lors de l'attaque et plus celle-ci est dommageable pour la culture (Nijveldt et Hulshoff, 1968 ; De Clercq et D'Herde, 1972 ; Bardner et Fletcher, 1974).

CONCLUSIONS

La plupart du temps, les attaques d'*H. marginata* sont si discrètes qu'elles passent inaperçues, mais ce ravageur n'en est pas moins dommageable pour autant : il peut être réellement nuisible pour la culture en cas de fortes infestations, et engendrer des pertes significatives de rendement. Les traitements insecticides à base de pyréthrianoïde constituent une méthode de lutte efficace contre *H. marginata*. Ceux-ci doivent être effectués dans les jours qui suivent un pic de vols et si les conditions sont favorables à la ponte et au développement des œufs. De ce fait, il est indispensable de réaliser un suivi des vols le plus précis possible, pour évaluer au mieux les populations, et déterminer la pertinence ainsi que le moment idéal du ou des traitements. À cette fin, il serait utile de développer un piège spécifique à *H. marginata*, et d'établir le seuil de captures à partir duquel le ravageur représente un risque pour la culture. Les expérimentations ont également permis de mettre en évidence les effets d'un traitement insecticide réalisé tôt au printemps sur les larves se trouvant à la surface du sol et n'ayant pas encore entamé leur nymphose.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les équipes techniques du *Centre wallon de Recherches agronomiques et d'Inagro* pour leur aide dans la mise en œuvre des expérimentations. Nous remercions également M. Huyghe et H. Desmidt pour nous avoir permis de réaliser les essais au champ. Le doctorat de F. Censier est financé par les *Fonds pour la formation à la Recherche dans l'Industrie et l'Agriculture*. S. Chavalle remercie la Région wallonne (*DGARNE*) pour son soutien financier.

BIBLIOGRAPHIE

- Bardner R., Fletcher K.E., 1974. Insect infestations and their effects on the growth and yield of field crops: a review. *Bulletin of Entomological Research*, 64, 1, 141–160.
- Barnes H.F., 1956. *Gall Midges of Economic Importance. Volume VII. Gall midges of cereal crops*. Crosby Lockwood & Son Ltd. London.
- Bretz F., Hothorn T., Westfall P., 2011. *Multiple comparisons using R*. Chapman & Hall/CRC.
- Censier F., Chavalle S., Wittouck D., De Proft M., Bodson B., 2012. Chemical control of *Haplodiplosis marginata* von Roser (Diptera: Cecidomyiidae). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77, 4, 667-675.

- Chavalle S., Censier F., De Proft M., 2013. Lutte intégrée contre les ravageurs. In : Destain J.P., Bodson B. *Livre Blanc "Céréales" - Février 2013*. Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique, 7/1-7/11.
- Chavalle S., Censier F., Jacquemin G., De Proft M., 2014. Lutte intégrée contre les ravageurs. In : Destain J.P., Bodson B. *Livre Blanc "Céréales" - Février 2014*. Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique, 7/1-7/12.
- De Clercq R., D'Herde J., 1972. *Bijdrage tot de Studie van de Biologie, de verspreiding, de Pathogeniteit en de Bestrijding van de Tarwestengelgalmug Haplodiplosis marginata (von Roser 1840) Rübsaamen 1911*. Rijkstation voor Nematologie en Entomologie, Merelbeke, Belgique, 129 p.
- Dewar M., 2012. Ecology and control of saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* von Roser (Diptera; Cecidomyiidae). *HGCA Research Review no. 76*.
- Golightly W.H., 1979. Saddle gall midge. *Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Leaflet*, 657.
- Golightly W.H., Woodville H.C., 1974. Studies of recent outbreaks of saddle gall midge. *Annals of Applied Biology*, 77, 1, 97–101.
- Mölk G., 2007. Bekämpfung von Sattelmücken und Weizengallmücken. *Landpost*, 18-23.
- Nijveldt W., Hulshoff A.J.A., 1968. *Waarnemingen inzake de tarwestengelgalmug (Haplodiplosis equestris Wagner) in Nederland*. Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdokumentatie, 77 p.
- Popov C., Petcu L., Barbulescu A., 1998. Researches on biology, ecology and control of the saddle gall midge (*Haplodiplosis marginata* von Roser) in Romania. *Romanian Agricultural Research*, 9/10, 67-73.
- R Development Core Team, 2014. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org> [06-03-2012].
- Rácz U.V., 1973. Damage caused by *Haplodiplosis equestris* Wagn. in Hungary and the analysis of its extent. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 8, 1/2, 221- 225.
- Rijsten E.G., 1967. Importance et lutte contre la cécidomyie équestre du blé aux Pays-Bas. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, 20, 4, 675-682.
- Skuhrová M., 2000. *Haplodiplosis marginata*. In : Papp L., Darvas B. *Contributions to a manual of palaeartic Diptera, Vol. 1. General and Applied Dipterology*. Science Herald, Budapest, Hongrie, 588-589.
- Skuhrový V., Skuhrová M., Brewer J.W., 1983. Ecology of the saddle gall midge *Haplodiplosis marginata* (von Roser) (Diptera, Cecidomyiidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 96, 476–490.
- Skuhrový V., Skuhrová M., Brewer J.W., 1993. The saddle gall midge *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae) in Czech Republic and Slovak Republic from 1971- 1989. *Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovaca*, 57, 111-137.
- Van Beinum W., Beulke S., 2009. Spray interception values for cereal crops. *The Food and Environment Research Agency*. York, UK. http://www.pfmodels.org/downloads/EMW5_11.pdf [2013-04-04].
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.