



# LA CÉCIDOMYIE ORANGE DU BLÉ

Et autres cécidomyies des céréales

### **RÉALISATION :**

Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W), Département Sciences du Vivant,  
Unité Protection des Plantes et Écotoxicologie

### **AUTEURS :**

Sandrine Chavalle, Michel De Proft, Guillaume Jacquemin, Florence Censier, Alain Mahieu,  
Jessica Denayer, Agnès Berger, Noël Berger, Daniel Gasia, Hervé Rousseau et Michel Ruth.

### **ILLUSTRATIONS ET PHOTOGRAPHIES :**

Florence Censier, Olivier Charlier, Sandrine Chavalle, Ruddy Cors, Michel De Proft,  
Guillaume Jacquemin, Gilles San Martin y Gomez et Bernard Weickmans.

### **REMERCIEMENTS :**

Daniël Wittouck (INAGRO), Marcela Skuhrová (entomologiste tchèque), Peter Neerup Buhl (entomologiste danois)  
et les collègues de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg) pour leurs diverses collaborations.  
Geert Denolf, André Delplace, Axel et Olivier Pilet, Philippe Golar, Louis Vasterzaegher, Guido Derijcke,  
Didier Pecher, Pierre Van Eyck, François Honninx, Cécile Maroye, Thibaut Persin, Auguste Bakker,  
Walter Van Loocke, Marc Huyghe, Hendrik Desmidt : les agriculteurs qui nous ont accueillis dans leur exploitation.  
Anne Pourtois et Véronique Dewasmes (DGO 3, DGARNE) qui ont suivi et soutenu les deux projets  
de recherche pour la Région wallonne.

Ce livret a été réalisé avec le soutien de la Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture,  
des Ressources Naturelles et de l'Environnement de la Région wallonne.

### **AVRIL 2015**

Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W), Département Sciences du Vivant,  
Unité Protection des Plantes et Écotoxicologie, Bâtiment Balachowsky,  
Chemin de Liroux 2, 5030 Gembloux.  
[www.cra.wallonie.be](http://www.cra.wallonie.be)

Reproduction interdite sans l'autorisation préalable du Département Sciences du Vivant,  
Unité Protection des Plantes et Écotoxicologie du CRA-W.

## LA BELLE HISTOIRE...

Jusqu'au milieu des années 2000, la cécidomyie orange du blé n'avait guère fait parler d'elle en Belgique. Pourtant, à travers quelques « évidences » observées dans des essais de plein champ, Jean-Luc Herman et Luc Couvreur (CRA-W) avaient déjà attiré l'attention sur les nuisances possibles de ce petit diptère dans les régions céréalières de Wallonie. Insensiblement, la question s'est mise à habiter l'esprit des entomologistes, d'autant plus qu'à cette époque, des informations provenant principalement d'Angleterre -juste de l'autre côté de la Manche!- indiquaient que la cécidomyie orange était vraisemblablement le ravageur le plus nuisible du blé.

L'occasion d'entamer des travaux structurés sur cet insecte s'est présentée au printemps 2005, lorsqu'un industriel, venu pour toute autre chose, nous a négligemment déposé quelques capsules de phéromones de cécidomyie orange en déclarant que si ça « pouvait nous amuser », il en était ravi. Premiers déploiements de pièges en 2005 et 2006, et premiers résultats tranchants : chaque piège peut capturer des centaines d'individus en une seule soirée de vol. Les pièges à phéromones permettent enfin de visualiser le petit ravageur fantôme ! Sur une même plaine, certains champs s'avèrent très infestés, d'autres très peu, et au sein d'un même champ, l'infestation est quasi homogène. Il y a donc des champs sources, d'autres pas, et l'infestation est intimement liée à l'histoire de la parcelle.

Qu'en est-il du risque ? Peut-on prévoir les dates d'émergence ? Quid des déplacements ? Comment utiliser la phéromone sexuelle pour évaluer le risque ? Pour tenter de répondre à ces questions, un projet de recherche a obtenu le soutien financier de la Région wallonne (DGO 3, DGARNE). Guillaume Jacquemin a pu entamer les vrais travaux, lesquels ont été poursuivis à partir de 2011 par Sandrine Chavalle. Parallèlement, Florence Censier, après son TFE sur le même sujet, a obtenu une bourse FRIA pour un projet visant à étudier la cécidomyie équestre. Cette espèce n'avait plus été signalée en Belgique depuis 40 ans. Comme sortie de nulle part, elle était à nouveau observée dans tout le pays et commettait de gros dégâts dans certains champs proches de la côte.

Des agronomes de terrain ont perçu l'importance du problème et ont posé les bonnes questions. La découverte d'une phéromone a servi de déclencheur. Un projet a mûri et obtenu le financement nécessaire. Puis, la passion, le travail des chercheurs et des techniciens ont fait le reste. Voilà les ingrédients de la belle histoire qui vous est racontée dans les pages qui suivent.

## LES CÉCIDOMYIES : QUI SONT-ELLES ?

Plus de 6000 espèces de cécidomyies ont déjà été décrites de par le monde. Ces minuscules diptères ont l'aspect de petits moustiques de 0,5 à 3 mm, rarement plus de 8 mm, aux pattes grêles et aux longues antennes. Les larves sont apodes et se caractérisent au dernier âge larvaire par la présence d'une palette sternale, structure sclérifiée qui leur sert à s'enfouir dans le sol pour entrer en diapause ou bien pour se nymphoser. Selon les espèces, le régime alimentaire est très variable. Certaines sont phytophages et occasionnent d'importants dégâts aux cultures. Elles induisent quelquefois la production par leurs plantes hôtes, d'excroissances, ou même de galles structurées plus ou moins volumineuses. C'est à cette particularité qu'elles doivent leur nom de « cécidomyie » qui étymologiquement signifie « mouche à galle ». En France, sur près de 700 espèces de cécidomyies référencées, une quarantaine seulement peuvent nuire aux plantes cultivées ou aux arbres forestiers. Parmi les plus nuisibles, citons la cécidomyie des poirettes, la cécidomyie des siliques de crucifères, la cécidomyie du chou-fleur et quatre espèces inféodées aux céréales : la cécidomyie orange du blé, la cécidomyie jaune du blé, la cécidomyie équestre, et la mouche de Hesse. Les deux premières s'attaquent aux fleurs et aux grains en formation, les deux dernières aux tiges.



*Silique de colza attaquée par la cécidomyie des siliques de crucifères*



*Galles de cécidomyie équestre sur blé*



*Galles de cécidomyie sur Gleditsia*

## COMMENT LES IDENTIFIER ?

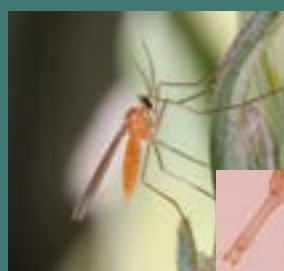
L'identification des différentes espèces de cécidomyie est possible au stade adulte mais également au stade larvaire. L'identification de l'espèce au stade adulte est plus aisée et se base sur différents critères que sont les ailes, les pattes, les antennes et l'extrémité abdominale. Au stade adulte, le dimorphisme sexuel est très souvent marqué. Ainsi, les mâles se distinguent des femelles par leur plus petite taille, la forme et la longueur des antennes et par la présence d'une large pince génitale à l'extrémité abdominale. Au stade larvaire, l'identification de l'espèce est possible à partir du 3<sup>e</sup> âge larvaire (L3) sur base de la spatule sternale et des « articles terminaux », ébauches des organes reproducteurs.



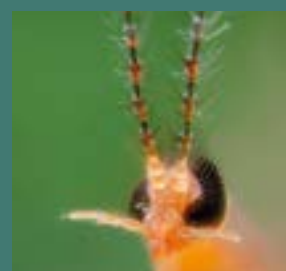
*Larve et spatule sternale de cécidomyie équestre*



*Mâle de cécidomyie orange et ses appendices génitaux en forme de crochet*



*Femelle de cécidomyie orange et son ovipositeur*



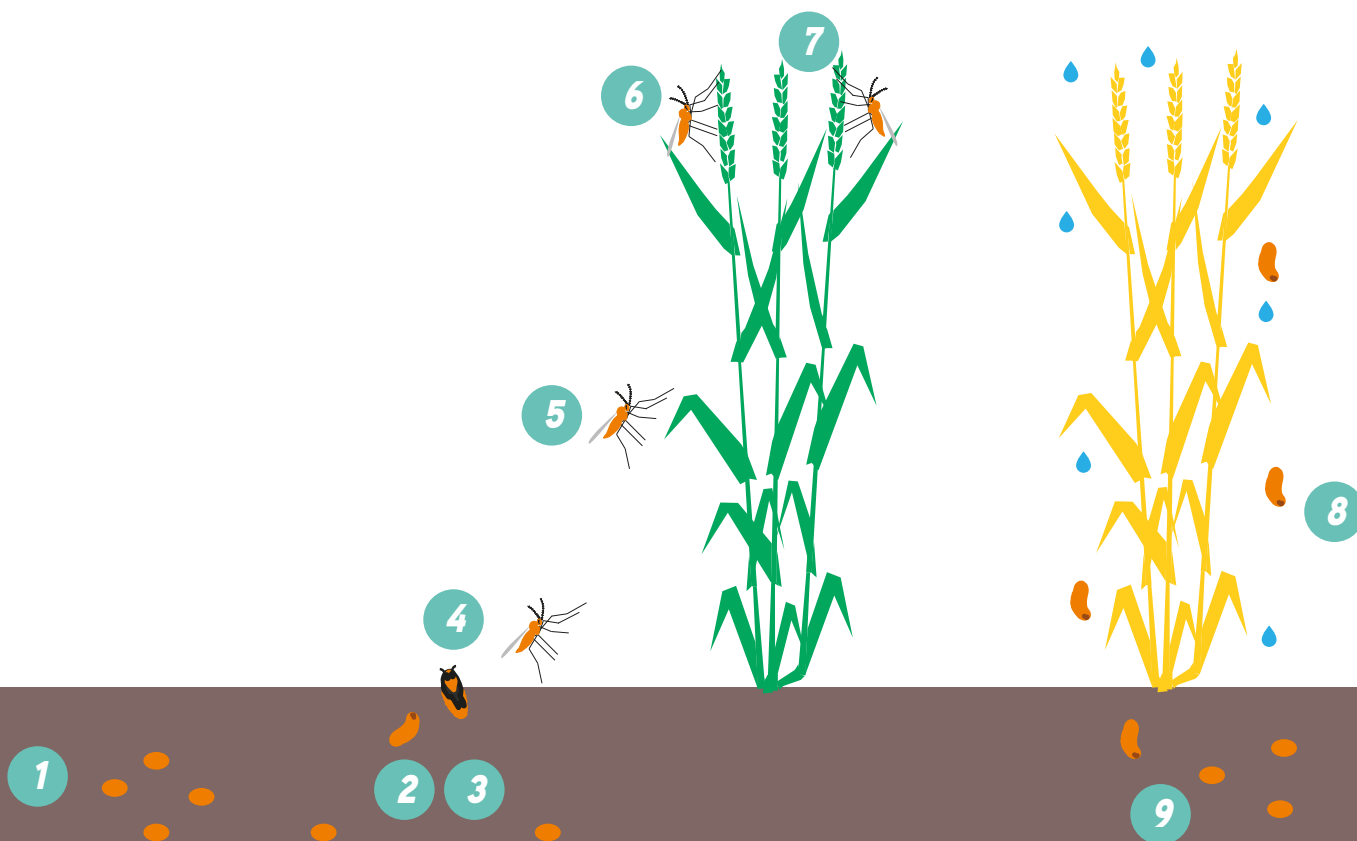
*Tête d'une femelle de cécidomyie orange*

# La cécidomyie orange du blé

Des quatre cécidomyies des céréales, la cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin), est la plus fréquemment nuisible. Des dégâts sévères sont rapportés en blé du Japon jusqu'au Canada, en passant par tout le continent eurasiatique. Les autres céréales sont nettement moins concernées. La charge en blé dans les rotations influence directement sur les populations. En revanche, l'insecte est assez peu exigeant quant au climat et au type de sol, ce qui explique l'immensité de son aire de distribution.

## UNE VIE DE CÉCIDOMYIE ORANGE...

1. En hiver, la larve se trouve à faible profondeur dans le sol, bien à l'abri dans son cocon. Elle y subit une période de froid qui permet de lever la diapause. Dès le milieu de l'hiver, les besoins en froid sont remplis, mais les températures basses font que le développement de l'insecte est quasi à l'arrêt.
2. Pour que la larve puisse sortir de son cocon, il faudra qu'elle capitalise 250 DJ (degrés-jours) ( $T^{\circ}$  moy. journ.  $> 3^{\circ}\text{C}$ ).
3. Les larves libres vont alors pouvoir remonter vers la surface, à la faveur des pluies. Cette phase, de quelques jours à plusieurs semaines, prend fin avec l'occurrence d'un double signal : une température moyenne journalière d'au moins  $13^{\circ}\text{C}$  et de la pluie, ce qui déclenche la nymphose et synchronise les futures émergences.
4. Une fois la pluie inductrice de la nymphose identifiée, l'émergence peut être prévue avec précision, car la nymphose demande 160 DJ ( $> 7^{\circ}\text{C}$ ).
5. Sitôt sortis du sol, les adultes s'accouplent sur le site d'émergence. Les mâles y resteront, ou s'abriteront dans le couvert le plus proche. Quant aux femelles, une fois fécondées, elles profiteront de soirées chaudes et calmes pour aller à la recherche d'épis où pondre leurs œufs.
6. Si le temps s'y prête, les femelles peuvent se déplacer de plusieurs kilomètres pour trouver des épis au stade adéquat et y pondre des œufs.
7. Au bout de quelques jours, l'œuf éclot, puis la larve entame sa phase alimentaire au détriment du grain en formation.
8. Après deux mues et environ trois semaines, la larve « L3 » est prête à quitter l'épi pour s'enfouir dans le sol. Ce déplacement se fera à la faveur d'une pluie.
9. Une fois dans le sol, la larve tisse un cocon et entre en diapause, au moins jusqu'au printemps suivant.



## L'INDISPENSABLE COÏNCIDENCE

Un épi de blé n'est vulnérable qu'une dizaine de jours à la cécidomyie orange. De son côté, une fois émergée, la cécidomyie orange n'a que quelques jours à vivre, si bien que les rendez-vous entre l'insecte et sa plante hôte sont fréquemment manqués. En effet, la phénologie du blé et celle de l'insecte n'obéissent pas aux mêmes lois, et il arrive souvent que les émergences de l'insecte se produisent alors que la plante hôte n'a pas encore atteint, ou bien a déjà dépassé, la phase de son développement où elle est vulnérable : du début de l'épiaison à la fin floraison.

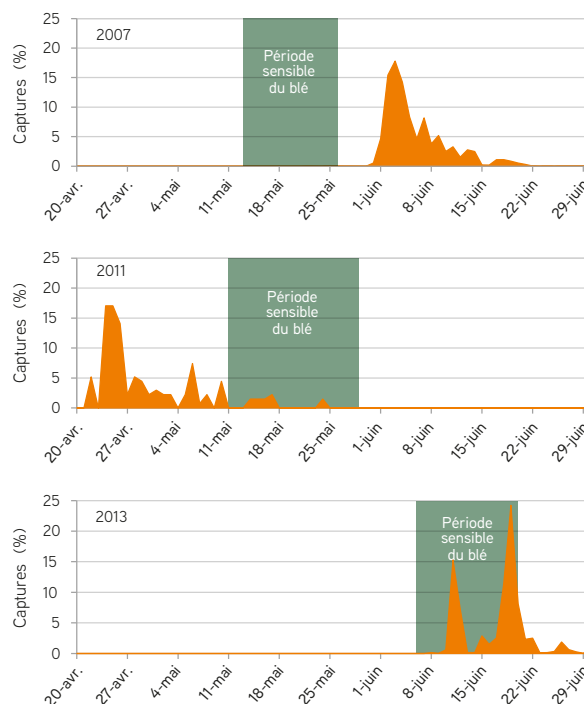
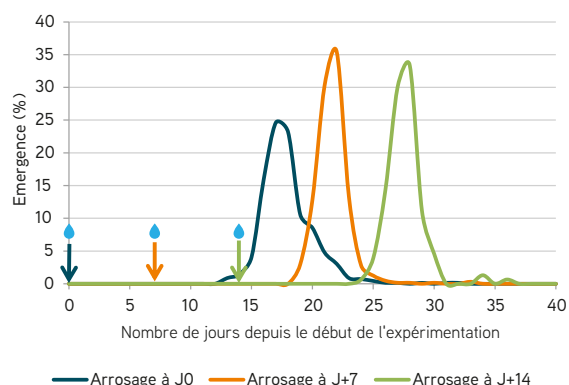


Illustration de la coïncidence en fonction de l'année

## LA CLÉ DU MYSTÈRE ? LES PLUIES INDUCTRICES !

Pour l'agronome, la détermination précise de la période d'émergence du ravageur est capitale. La plupart des modèles conçus à cet effet n'ont pas intégré correctement le rôle des pluies. La notion de « **pluie inductrice de la nymphose** », mise en évidence au champ, puis confirmée en conditions contrôlées, a abouti à une prévision des émergences quasi au jour près pendant huit années consécutives, malgré des conditions météorologiques très contrastées, conduisant à des écarts de dates d'émergence de plus de 40 jours entre les années.



Mise en évidence des pluies inductrices en conditions contrôlées

Grâce à la compréhension des lois qui gouvernent la biologie de l'insecte, des émergences peuvent aujourd'hui être provoquées à volonté à n'importe quel moment de l'année. Ceci permet notamment d'étudier de façon plus précise la relation ravageur – plante hôte.

## ÉLÉMENTS DU RISQUE AGRONOMIQUE

La **coïncidence** entre la présence de l'insecte et la phase sensible du blé est capitale en termes de risque, mais d'autres éléments conduisent à une exposition très variable à l'insecte. Parmi ceux-ci, la **taille de la population larvaire** présente dans le sol. Cette réserve est propre à chaque champ, en fonction de son histoire récente, en particulier de la charge en blé, et de la réussite du développement de la cécidomyie orange au cours des dernières années. L'environnement direct de la parcelle et la **proximité avec des champs sources** influe directement sur le risque. En effet, après accouplement sur le site d'émergence, les femelles de cécidomyie orange volent à la recherche d'une plante hôte. Si le champ duquel elles émergent n'est pas emblavé par une plante hôte telle que le blé, les femelles émigrent vers un champ hôte proche. Enfin, lorsque l'insecte émerge au cours de la phase sensible du blé, des **conditions météorologiques favorables sont encore nécessaires pour permettre les vols et les pontes**. Il suffit que le temps soit un peu frais, venteux ou pluvieux pendant les quelques jours de l'épiaison et de la floraison pour que le blé échappe à son ravageur, même si ce dernier est abondant.

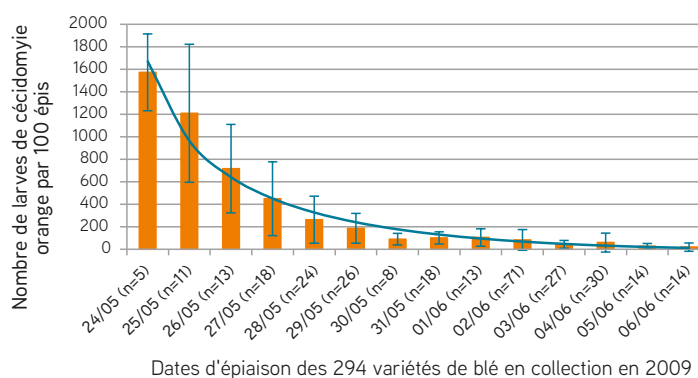
## DURS, DURS, LES ESSAIS AU CHAMP !

Cette grande variabilité de l'exposition du blé à la cécidomyie orange **complique les essais au champ sur cet insecte**, qu'il s'agisse de mesures d'impact agronomique, ou bien de détermination de niveau de résistance variétale, par exemple. Ainsi, bien que la cécidomyie orange soit étudiée depuis plus d'un siècle, les résultats en plein champ sur ce ravageur sont rares.

Il y a pire : la cécidomyie orange peut induire un **biais dans les essais variétaux en petites parcelles** tels qu'ils sont pratiqués universellement. En effet, lorsque les émergences coïncident avec le début de l'épiaison des variétés les plus précoces, les femelles à la recherche d'épis se concentrent et pondent sur les quelques mètres carrés ayant atteint le stade sensible. Ce phénomène de concentration lié aux dispositifs en très petites parcelles peut conduire à une sous-estimation grave du potentiel de rendement des variétés les plus précoces. En revanche, l'inverse n'est pas vrai. En effet, si les émergences coïncident avec l'épiaison des variétés les plus tardives d'un essai, les pontes restent diluées sur l'ensemble des épis, et ne constituent pas de biais aussi important. Il est vraisemblable que plusieurs variétés précoces aient été mal évaluées à cause de ce phénomène assez fréquent.



*Essai en petites parcelles*



*Effet de la concentration des attaques de cécidomyie orange dans l'évaluation du potentiel de rendement des variétés*

## SYMPTÔMES TOUJOURS DISCRETS, DÉGÂTS PARFOIS SÉVÈRES !

Les enzymes produites par les larves de cécidomyie orange désorganisent les tissus du jeune grain de blé et permettent à la larve de s'alimenter. L'atrophie du grain se traduit en perte de rendement et de qualité. Ces attaques de cécidomyie orange peuvent également faciliter les infections fongiques sur les épis.

Les dégâts causés par les larves de cécidomyie orange ne sont visibles qu'à condition de prélever des épis et d'en examiner soigneusement chaque grain. En effet, de l'extérieur, les épis atteints ne marquent aucun symptôme. A la récolte, la détection d'une attaque est tout aussi difficile, parce que les grains atrophiés sont chassés par la soufflerie des moissonneuses et n'arrivent pas dans la trémie. Hormis la couleur orange vif des larves et des adultes, tout concourt à compliquer la détection de notre insecte, même dans les champs où le dégât est grave : sa petite taille, son comportement cryptique, ses vols crépusculaires et la discrétion de sa signature.

Dans nos plaines céréalières, où le blé occupe une forte proportion de la sole, les populations de cécidomyie orange peuvent être élevées et occasionner d'importants dégâts. Les études ayant tenté d'en mesurer la nuisibilité sont rares et souvent incomplètes. La plupart des auteurs ont estimé l'impact de la cécidomyie orange, en comparant le rendement de parcelles traitées à l'insecticide à celui de parcelles non traitées. Ces mesures de rendement étaient ensuite confrontées aux nombres de larves de cécidomyie orange s'étant développées dans les épis. Plusieurs en ont conclu qu'à une larve par épi correspondait une perte de rendement voisine d'un quintal par hectare, et que cette relation était linéaire. Une telle étude a également été menée à Gembloux en 2012 et 2013. Elle a indiqué que la relation entre le rendement et le nombre de larves par épi n'était pas linéaire, mais clairement logarithmique. Ceci suggère que le rendement peut être affecté par une attaque de cécidomyie orange, même si les jeunes larves meurent en tout début de développement et ne peuvent pas être retrouvées dans les épis. Il est aussi possible qu'en réponse à l'attaque de l'insecte, les plantes activent des mécanismes de défense coûteux en termes de rendement. Les deux phénomènes pourraient bien coexister et expliquer pourquoi, lorsque les attaques sont intenses, même des variétés résistantes à la cécidomyie orange peuvent donner un bien meilleur rendement lorsqu'elles sont protégées par un insecticide.



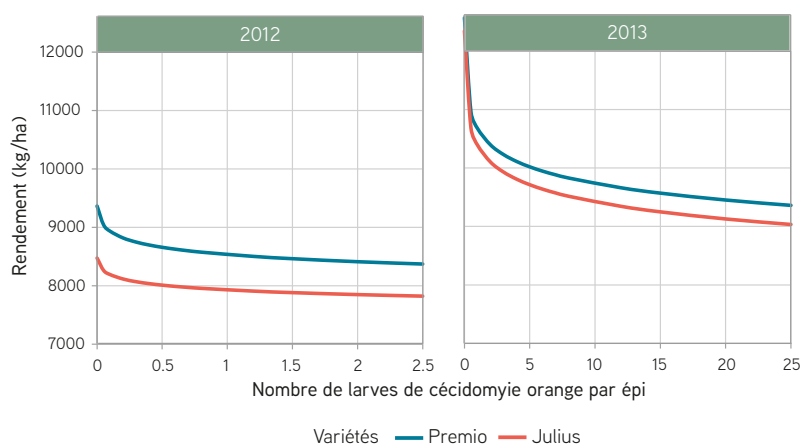
*Femelle pondant dans un épi*



*Larve sur un grain atrophié*



*Grain atrophié – grain sain*



*Relation entre le rendement et le nombre de larves de cécidomyie orange dans les épis pour deux variétés sensibles*



# Comment détecter la cécidomyie orange ?

## MESURER LA « RÉSERVE » DU SOL

Les populations larvaires de cécidomyie orange peuvent être mesurées avant la saison afin d'estimer le risque encouru par les cultures dans le champ même, et dans les champs environnant. Des prélèvements de sol sont réalisés sur une dizaine de centimètres de profondeur. Au laboratoire, la terre est dispersée dans de l'eau et passée à travers trois tamis superposés de mailles différentes (2,8, 1,0 et 0,3 mm). Les cocons et larves de cécidomyie orange retenus dans le dernier tamis sont identifiés et comptés sous binoculaire. En fonction de la surface prélevée au champ, il est possible de rapporter le nombre de cécidomyie orange observé au mètre carré afin d'obtenir le niveau d'infestation du champ. La mesure des populations larvaires peut être affinée en plaçant les larves en élevage. Il est alors possible de déterminer le taux de parasitisme des larves. Ce dernier peut être très élevé (> 90 %), et en connaître le niveau permet de déterminer plus précisément le risque encouru par la culture. Toutefois, cette méthode, par les manipulations de sol qu'elle impose, est extrêmement laborieuse.



Tamis

## PIÉGER LES ADULTES

Le piégeage des adultes au champ peut utiliser plusieurs types de pièges.

Les **pièges à émergence** consistent en cages interceptant les insectes émergeant du sol sur la surface couverte par le dispositif. Ils capturent les adultes de cécidomyie orange des deux sexes. L'intérêt de ces pièges est qu'ils fournissent un renseignement précis par unité de surface. L'inconvénient est qu'ils ne couvrent qu'une faible surface et qu'ils créent un microclimat pouvant modifier la phénologie et l'intensité des émergences. Ils ne sont pas non plus spécifiques, ce qui impose un travail de tri et d'identification. En outre, ces dispositifs sont encombrants et difficiles à manipuler.



Piège à émergence

Les **pièges englués**, de différentes formes et couleurs, peuvent être disposés au champ. Ils capturent les adultes de cécidomyie orange des deux sexes comme de très nombreux autres insectes. Quelles que soient leur disposition ou la hauteur où on les pose, ces pièges ne sont guère efficaces sur cécidomyie orange. Par contre, placés juste au-dessus de la végétation, ils sont très efficaces pour capturer *Macroglenes penetrans*, le parasitoïde le plus abondant de la cécidomyie orange.



Pièges englués blanc ou jaune

Les **pièges à noyade** sont constitués de cuvettes remplies d'eau additionnée d'un peu de mouillant. Pareils pièges de couleur jaune sont très largement utilisés en colza. Ils capturent les adultes de cécidomyie orange des deux sexes, et ne sont pas spécifiques. Ces pièges ont une bien meilleure efficacité sur cécidomyie lorsqu'ils sont placés dans le bas de la végétation, où les déplacements de l'insecte sont moins contrariés par le vent et l'air trop sec.



*Piège à noyade*

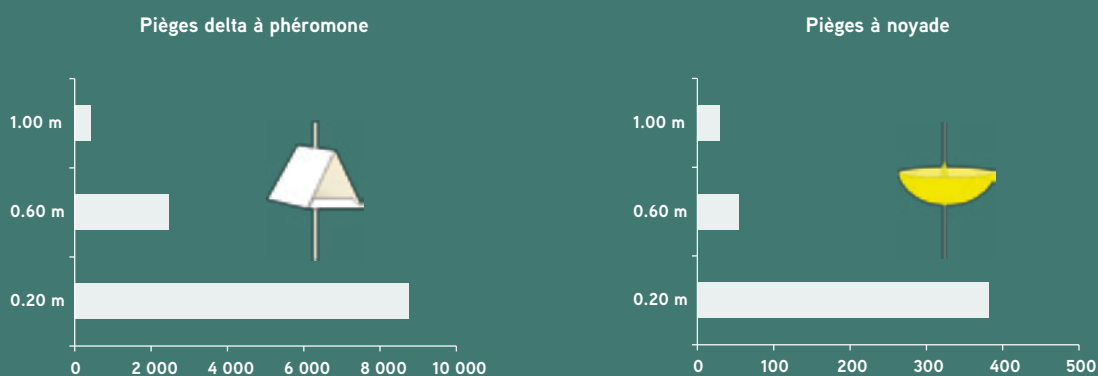
Les **pièges à phéromone** sont des pièges delta équipés d'inserts englués, classiquement utilisés dans les vergers. Munis d'un diffuseur de phéromone sexuelle spécifique à la cécidomyie orange, ils ne capturent quasi que les mâles de cette seule espèce. La phéromone de cécidomyie orange a été découverte au Canada au début des années 2000. Comme les pièges à noyade, ces pièges ont une meilleure efficacité lorsqu'ils sont placés dans le bas de la végétation. Placés dans des champs de betteraves ou de maïs, encore à peu près nus au moment des émergences, ces pièges permettent, s'ils sont relevés quotidiennement, de détecter et de mesurer chaque pic d'émergence. En effet, lorsqu'ils émergent d'un champ sans couvert, les mâles fécondent une ou plusieurs femelles, puis quittent le site pour se réfugier dans les couverts les plus proches. Les pièges à phéromone disposés sur champs nus ne capturent donc que les mâles émergents « du jour ». Installé dans un champ source, il n'est pas rare qu'un piège à phéromone capture plusieurs centaines d'individus en un seul jour.



*Pièges à phéromone*



*Pièges à phéromone et captures de cécidomyies orange mâles*



*Nombres de cécidomyies orange capturées sur une saison, à trois hauteurs dans un champ de blé*

## « ATTENTION, CHUTE DE LARVES ! »

Le niveau d'attaque d'une culture de blé par la cécidomyie orange peut être estimé en mesurant la population de larves présentes dans les épis juste avant leur retour au sol. A cette fin, des épis cueillis au champ peuvent être disposés sur un grillage au-dessus d'un bac rempli d'eau. Ce dispositif, mis sous aspersion pendant quelques heures à température voisine de 15°C, stimule les larves à quitter les épis. Elles peuvent alors être récupérées au fond du bac et comptées. En mesurant la population quittant les épis, cette technique simple donne un renseignement à la fois sur l'attaque subie, et sur le nouvel apport de larves à la réserve du sol.



*Retour des larves au sol et larves récupérées dans un bac rempli d'eau*

## LES ENNEMIS DE NOTRE ENNEMIE SONT NOS AMIS...

Dans la nature, notre cécidomyie orange a ses ennemis: prédateurs et parasitoïdes jouent un rôle important dans la régulation des populations. Les principaux prédateurs sont des acariens, des carabes, des staphylins et des araignées. Les parasitoïdes, quant à eux, sont des micro-hyménoptères (1 à 2 mm) qui pondent leurs œufs dans les œufs de cécidomyie orange. Le scénario est impitoyable : l'œuf parasite se cache dans l'œuf de cécidomyie, puis la larve parasite se cache dans la larve de cécidomyie, et la duperie dure jusqu'à la nymphose où tout-à-coup le parasitoïde prend les commandes : il liquide l'hôte qui l'abritait, et achève son développement jusqu'à l'émergence du jeune adulte.



*Cécidomyies orange piégées dans une toile d'araignée*

Plusieurs espèces de parasitoïdes de cécidomyie orange ont été recensées de par le monde ; il s'agit principalement d'espèces de *Platygastridae*, mais la plus fréquente est *Macroglenes penetrans*, qui appartient à la famille des *Pteromalidae*. Des taux de parasitisme allant jusqu'à 99 % ont déjà été observés : c'est dire si l'effet des parasitoïdes est important sur la dynamique des populations de cécidomyie orange !



*Macroglenes penetrans mâle*



*Larve de cécidomyie orange parasitée par un Platygastridae*



*Platygaster tuberosula (Platygastridae) femelle*

## LES PRATIQUES CULTURALES, QUEL RÔLE ?

Partout où le froment est cultivé, le risque d'attaque par la cécidomyie orange existe. Toutefois, ce risque est évidemment lié à la charge de la sole en froment. Lorsqu'un champ est attaqué, une réserve se constitue dans le sol en fin de saison, et le champ devient « source » de cécidomyies pour les années suivantes. Si elles ne sont pas enfouies par un labour, la plupart des larves se transformeront en nymphes, puis en adultes au printemps suivant. Si un labour intervient, les larves seront comme « mises en réserve » : elles seront moins exposées aux stimuli conduisant à l'émergence, et cette dernière pourra être différée d'un an ou plus. On peut tenir compte de cette donnée pour l'estimation du risque.

En fin de saison, après qu'elles se soient laissées glisser des épis et enfouies dans le sol, les larves tissent un cocon au sein duquel elles peuvent résister à la sécheresse. Des essais de déchaumages effectués en 2012 après la moisson, par temps très chaud et sec ont montré qu'il était illusoire de compter sur cette technique pour réduire les populations de cécidomyie orange. Ce qui fonctionne tellement bien contre les limaces s'avère donc inopérant contre ce ravageur.

Lors de printemps secs où les pluies inductrices de la nymphose surviennent tard, l'irrigation des champs peut, là où elle est pratiquée, conduire à des émergences plus précoces et plus abondantes, dont il faut tenir compte dans l'appréciation du risque.

## LES VARIÉTÉS FONT DE LA RÉSISTANCE

Parfois même à l'insu de leurs propres obtenteurs, certaines variétés de blé résistent à la cécidomyie orange. Le mécanisme le plus connu actuellement consiste en une production élevée et précoce d'acides phénoliques dans le grain attaqué, particularité conférée par un gène baptisé « Sm1 ». Ces acides, précurseurs de lignine, inhibent l'alimentation des toutes jeunes larves.

Lorsqu'elle est pratiquée au champ, l'étude de la résistance des variétés à la cécidomyie orange se heurte au caractère très aléatoire de la rencontre entre la plante et le ravageur (non-coïncidence, vent, pluies, etc.). Pour s'affranchir de ces aléas, le CRA-W a exploité les nouvelles connaissances sur les facteurs conduisant à l'émergence, et développé une méthode permettant de tester, en conditions contrôlées, la résistance des variétés. Grâce à la maîtrise acquise sur le développement de la cécidomyie orange du blé, l'émergence de jeunes adultes prêts à pondre est programmée pendant plusieurs semaines, et chaque variété, quelle que soit sa précocité, peut être abondamment infestée pendant les jours qui suivent son épiaison. En mettant toutes les variétés à égalité d'exposition à l'insecte, cette technique simple permet enfin une comparaison fiable des variétés quant à leur degré de résistance à l'insecte.

Une liste des variétés résistantes à la cécidomyie orange du blé, a été établie en incorporant les observations des institutions de recherche françaises (ARVALIS – Institut du végétal), anglaises (HGCA et NIAB), et belges (CRA-W), ainsi que certaines données provenant des obtenteurs. Cette liste est mise à jour régulièrement et est disponible dans le « Livre Blanc Céréales » et sur le site du CADCO : <http://cadcoasbl.be>.



*Femelle pondant dans un épi*

# ÉVALUATION EN CONDITIONS CONTRÔLÉES DE LA RÉSISTANCE VARIÉTALE À LA CÉCIDOMYIE ORANGE

## 1. Constitution d'une réserve de cécidomyie orange du blé

Collecte des larves



ANNEE TEST -1  
JUILLET

Infestation des paniers et conditionnement pour l'hiver



## 2. Production d'adultes et lâchers dans les volières

Cage à émergence



ANNEE TEST  
MAI - JUIN

Conteneurs avec les variétés à tester recouverts de voiles



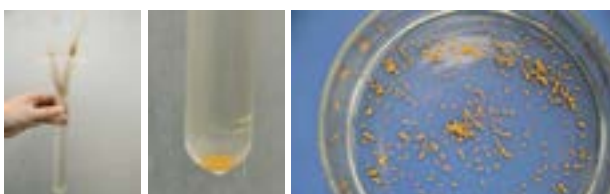
## 3. Évaluation de la résistance variétale

Dispositif d'extraction active des larves



ANNEE TEST  
JUILLET

Dénombrement des larves

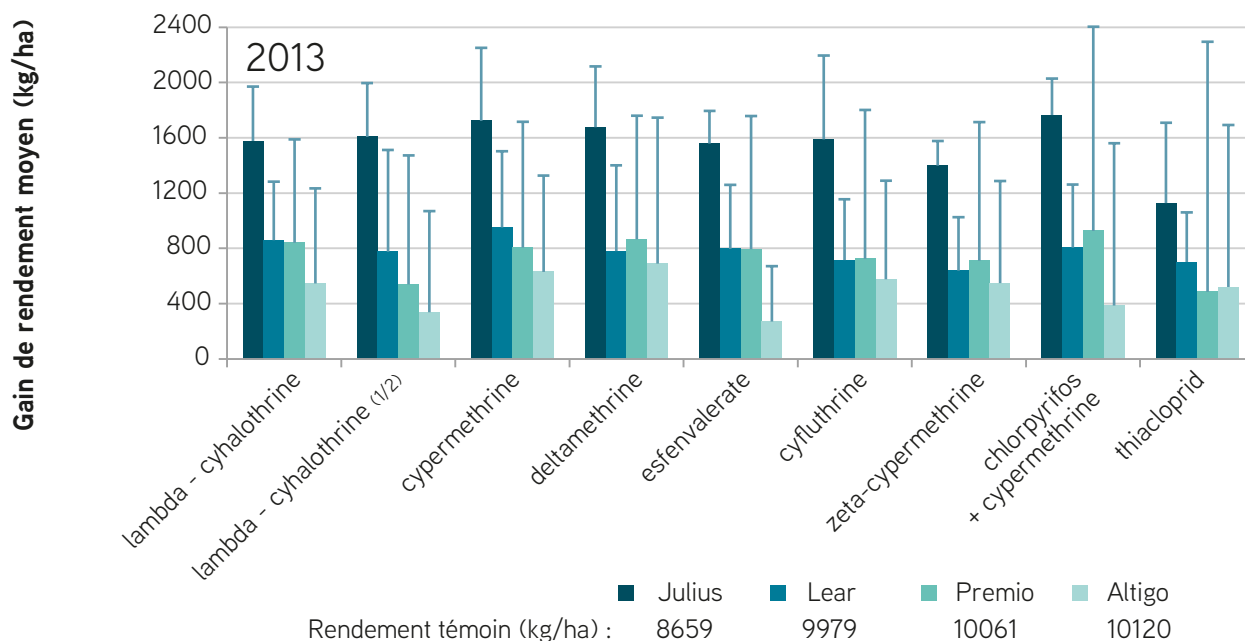


## PULVÉRISER ? OUI, MAIS VISER JUSTE !



A condition d'être bien positionnés, des traitements insecticides utilisant de simple pyréthriinoïdes peuvent s'avérer très efficaces envers la cécidomyie orange du blé. Ces insecticides agissant par contact, doivent autant que possible cibler les adultes. En effet, les enveloppes du grain empêchent le produit d'atteindre les larves. Le traitement doit donc être aussi précisément que possible synchronisé avec les vols de l'insecte. Dans une étude menée par le CRA-W en 2012 et 2013, des traitements ont réduit les nombres de larves présentes dans les épis jusqu'à plus de 95% pour les plus efficaces, le gain de rendement associé pouvant atteindre près de 20%. De telles valeurs illustrent le potentiel de nuisibilité de la cécidomyie orange.

Dans cette même étude, des traitements insecticides appliqués sur des variétés résistantes à la cécidomyie orange ont également conduit à des augmentations significatives de rendement, alors qu'aucun autre ravageur n'était signalé dans les essais, sinon en nombres négligeables. Cette observation inattendue pourrait s'expliquer, soit par les dommages infligés par les jeunes larves mortes au début de leur développement, soit par l'activation par les plantes de mécanismes de défense coûteux en termes de rendement.



Les variétés Julius et Premio sont des variétés sensibles à la cécidomyie orange tandis que les variétés Lear et Altigo sont résistantes.

## Quand décider de traiter ?

Un traitement insecticide contre la cécidomyie orange n'est pas toujours indiqué. En effet, la lutte chimique contre ce ravageur utilise des produits non sélectifs, nuisibles envers les parasites et prédateurs de pucerons. Une telle intervention peut lever le frein naturel au développement des populations de pucerons. Pareil « effet boomerang » a déjà été observé. Cette perspective invite donc à la retenue : à moins de vols abondants de cécidomyie orange, et de conditions climatiques favorables pendant la période des pontes, il est conseillé d'éviter tout traitement insecticide.

Dès lors, la décision d'un traitement insecticide contre ce ravageur ne peut intervenir que lorsque les conditions suivantes sont réunies :

1. Variétés sensibles à la cécidomyie orange
2. Stade compris entre l'éclatement de la gaine et le début de la floraison
3. Émergences de l'insecte coïncident avec le stade sensible
4. Conditions météorologiques favorables au vol et à la ponte
5. Dépassement du seuil d'intervention



## Seuil d'intervention

Les soirées douces et calmes favorisent l'activité des femelles. Au cours de telles soirées, au coucher du soleil (21h30), il est assez facile d'observer la cécidomyie orange volant en zigzag entre les épis et s'y poser pour pondre. A ce moment, une observation efficace peut être faite en effleurant les épis à l'aide d'une baguette tenue horizontalement, et en comptant les cécidomyies qui s'envolent. Le seuil au-delà duquel une intervention insecticide peut être utile est estimé à une trentaine d'individus/m<sup>2</sup>. Un traitement insecticide peut être appliqué le soir-même ou le lendemain d'une telle observation de vols, et sera d'autant plus efficace qu'il est appliqué au coucher du soleil, lorsque les femelles se situent dans le haut de la végétation. Si on attend plusieurs jours, les jeunes larves descendent et sont alors protégées par les enveloppes du grain, rendant tout traitement inopérant.

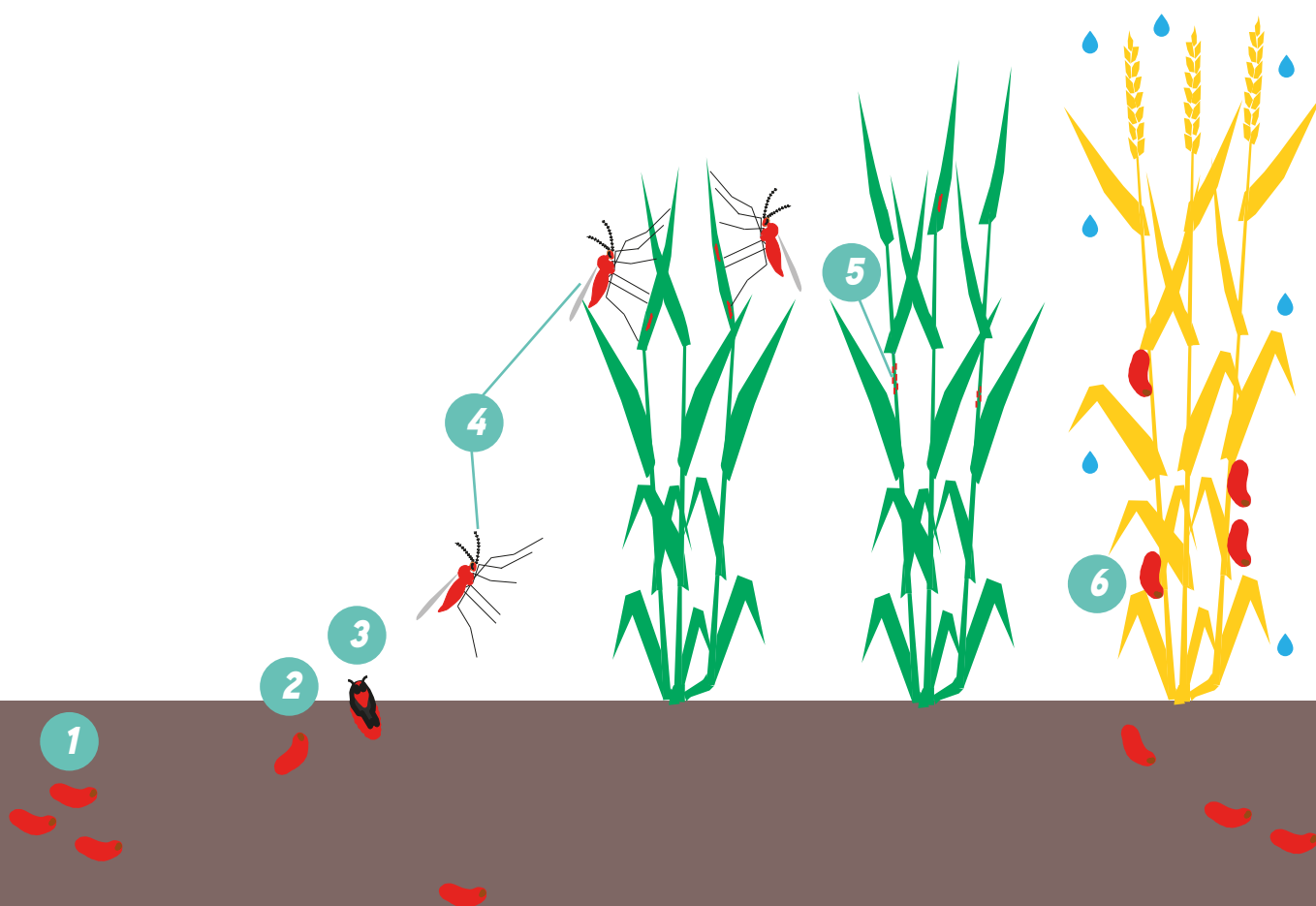
Chaque année, le modèle prévisionnel indique la période du début des vols. Ces derniers sont systématiquement suivis sur le terrain à l'aide de pièges à phéromone, et les informations utiles sont diffusées dans les avertissements du CADCO. Les insecticides autorisés contre la cécidomyie orange sont repris dans le « Livre Blanc Céréales » et sur le site du CADCO: <http://cadcoasbl.be>.

## La cécidomyie équestre

La cécidomyie équestre, *Haplodiplosis marginata* (von Roser), est aisément distinguable des autres cécidomyies des céréales de par sa taille relativement grande. Elle doit son nom aux galles en forme de selle de cheval qu'elle induit sur les tiges de céréales. Avant sa « réapparition » en 2010, cette cécidomyie n'avait plus été signalée en Belgique depuis les années 70. Elle n'est présente qu'en Europe. D'importants dégâts ont été recensés du nord de la Grèce jusqu'en Angleterre, en passant par toute l'Europe centrale et en Scandinavie. Toutes les céréales à paille peuvent être attaquées excepté certaines variétés d'avoine. La charge en céréales dans les rotations influe directement sur les populations.

### UNE VIE DE CÉCIDOMYIE ÉQUESTRE...

1. En hiver, la larve se trouve dans le sol. Elle y subit une période de froid qui permet de lever la diapause. En cas de sécheresse, les larves peuvent se protéger à l'intérieur d'un cocon.
2. Une fois la diapause levée, les larves peuvent remonter vers la surface, à la faveur des pluies. Cette phase dure de quelques jours à plusieurs semaines. Comme pour la cécidomyie orange, la nymphose est déclenchée par des pluies mais les conditions précises ne sont pas encore déterminées.
3. Au terme de la nymphose d'une longueur similaire à celle de la cécidomyie orange, les adultes émergent.
4. Sitôt sortis du sol, les adultes s'accouplent et s'abritent sous un couvert végétal. Les femelles, une fois fécondées, profiteront de matinées calmes pour aller pondre leurs œufs en chapelet sur les feuilles les plus jeunes.
5. Au bout de quelques jours, les œufs éclosent, puis les larves migrent vers la ligule et vont se loger sous la gaine des feuilles, où elles vont se nourrir au détriment des tiges et induire la formation de galles.
6. Après deux mues, la larve « L3 » est prête à quitter la tige pour s'enfouir dans le sol. Ce déplacement se fera à la faveur d'une pluie.





L'aire de distribution de la cécidomyie équestre est nettement plus restreinte que celle des autres cécidomyies des céréales et ce, malgré un nombre de plantes hôtes plus élevé, et le fait qu'elle ne requiert pas de synchronisation phénologique précise avec les plantes. Mais cet insecte est moins résistant à la sécheresse que les autres cécidomyies : ses larves ne parviennent pas à se maintenir dans les sols légers du fait de leur manque d'économie en eau. Pas étonnant dès lors que le déchaumage, auquel la cécidomyie orange est quasi insensible, puisse s'avérer destructeur pour la cécidomyie équestre. En effet, ses larves ne tissent pas de véritable cocon. Tout au plus tentent-elles, lorsqu'elles sont surprises dans le sol par la sécheresse, de se protéger en tapissant leur logette de salive qui en séchant formera une mince pellicule.

Par ailleurs, cette espèce est fort sensible aux pluies battantes qui, non seulement tuent les adultes, mais lessivent les œufs des feuilles.



*Cocon de cécidomyie équestre*

La cécidomyie équestre paraît donc fragile, assez gauche en vol, et peu mobile. Cette grande vulnérabilité aux aléas météorologiques au cours de la phase épigée de son développement semble bien être l'explication de ses périodes de quasi-disparition, qui peuvent durer plusieurs décennies. Ce ne serait qu'à la faveur d'une succession de plusieurs années « sans accident » que les populations de cécidomyie équestre pourraient enfler jusqu'à atteindre des niveaux élevés et finalement se traduire en dégâts sensibles dans les champs cultivés.

La stratégie adaptative de la cécidomyie équestre résiderait dans sa grande fécondité. C'est cet atout qui lui permettrait, à partir de résidus de population imperceptibles, de profiter de quelques années favorables pour reconstituer localement des populations de niveaux extrêmement élevés. A titre indicatif, en 2011, des populations de plusieurs dizaines de milliers de larves par m<sup>2</sup> ont été mesurés dans certains champs des polders côtiers.

La dynamique éruptive des populations de cécidomyie équestre semble également indiquer un impact assez faible des parasitoïdes spécifiques. Parmi ceux-ci, une seule espèce a été identifiée au cours des quelques années d'étude : *Platygaster equestris*.



*Meetekkerke en mars 2011 : 30 000 larves/m<sup>2</sup>*



*Larve de cécidomyie équestre parasitée par *Platygaster equestris**

## LA GALLE EN SELLE DE CHEVAL : CARACTÉRISTIQUE, MAIS CACHÉE SOUS LA GAINÉ

Au cours de leur phase alimentaire, les larves produisent des enzymes induisant une réaction de la plante : une dépression se creuse dans la tige à hauteur de la larve et, de part et d'autre, deux bourrelets se forment, donnant à l'ensemble l'allure d'une selle de cheval de 5 à 10 mm. Ces déformations perturbent le flux de nutriments dans la tige, entraînant des défauts de croissance et des pertes de rendement. Les galles ne sont bien visibles que si les gaines foliaires sont ôtées des tiges, mais elles sont perceptibles au toucher en passant les tiges entre les doigts. Le positionnement des galles sur les plantes reflète le stade atteint au moment de l'attaque. En effet, les femelles pondent de préférence sur les feuilles les plus jeunes. Ainsi, lorsque les vols sont étalés dans le temps, plusieurs entrenœuds d'une même tige peuvent présenter des galles. Les attaques de cécidomyie équestre peuvent également faciliter les infections fongiques, et dans les cas les plus graves, provoquer des bris de tiges, voire empêcher la montaison. Ce dernier cas de figure se présente lorsque l'attaque a lieu sur des céréales très peu développées, le plus souvent des céréales de printemps.



*Femelle pondant sur une feuille*

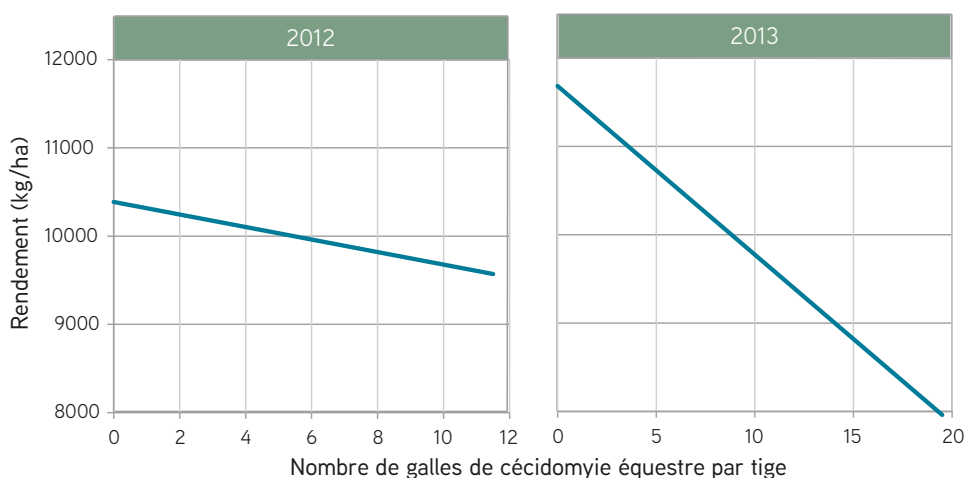


*Larve sous la gaine de la feuille*



*Larves sur leur galle*

Lors de la grande pullulation des années 60 et 70, des études avaient été menées dans nos régions afin d'évaluer la nuisibilité de la cécidomyie équestre. Elles avaient conclu que, pour des niveaux d'infestation de 1 à 10 galles par tige, ce ravageur pouvait induire des pertes de rendement de 12 à 15 %, tandis que pour des niveaux d'infestation supérieurs à 10 galles par tige, les pertes de rendements pouvaient dépasser 30 %. En 2012 et 2013, deux essais du CRA-W ont l'un et l'autre montré une relation linéaire entre la perte de rendement et le nombre de galles par tige. En revanche, l'impact de la cécidomyie équestre sur le rendement s'est avéré trois fois plus important dans un essai que dans l'autre : en 2012, à une galle par tige correspondait une perte de rendement de 70 kg/ha ; en 2013, la perte était voisine de 200 kg/ha. Selon le scénario (stade de développement au moment de l'attaque, sensibilité de la variété cultivée, infection secondaire, conditions météorologiques, etc.), une attaque de cécidomyie équestre peut donc s'avérer plus ou moins préjudiciable.



*Relation entre le rendement et le nombre de galles de cécidomyie équestre par tige*

## DÉBUSQUER LA CÉCIDOMYIE ÉQUESTRE : LES TECHNIQUES TRADITIONNELLES

Les populations de cécidomyie équestre peuvent être estimées en utilisant les mêmes méthodes et les mêmes outils que pour celles de cécidomyie orange : prélèvement d'échantillons de sol et extraction des larves, pièges d'émergence et pièges à noyade. L'extraction du sol des larves de cécidomyie équestre est assez simple et efficace du fait de leur grande taille. En revanche, le piégeage des adultes n'est pas très efficace, à moins de populations élevées.

En cours de culture, la présence de larves de cécidomyie équestre et de galles induit un gonflement de la tige perceptible au toucher en passant les tiges entre les doigts, ce qui permet d'estimer l'attaque en cours.

Une technique rapide, mais rétrospective, de mesure des populations consiste à compter les galles laissées sur les tiges. En juillet, le prélèvement et l'examen de tiges permet en effet de mesurer de façon précise, d'une part l'attaque subie par la céréale et, d'autre part, la quantité de larves entrant dans la réserve du sol. Cette technique a été utilisée chaque année entre 2010 et 2014 dans une série de tournées destinées à évaluer la distribution et le niveau des infestations en Belgique. Elle a permis de voir les populations s'accroître de 2010 à 2012, puis régresser les deux années suivantes.



*Larves retenues dans le tamis*



*Galles*



*Retour des larves au sol*

## PHÉROMONE, ENFIN !

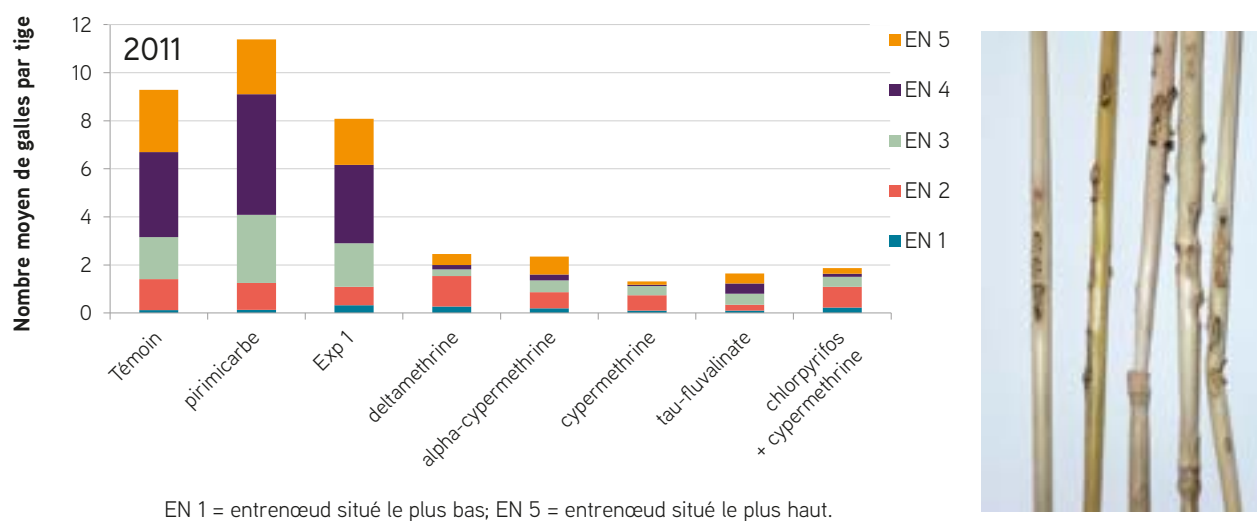
La maîtrise acquise dans les manipulations et l'élevage de l'insecte ont permis de capturer, puis d'identifier les composés volatils émis par les jeunes femelles vierges. Le principal composant du bouquet phéromonal de la cécidomyie équestre a été formellement identifié en labo, et validé dans des essais de piégeage au champ : là où une cuvette jaune capture 5 individus sur toute une saison, le piège à phéromone, même encore imparfaitement mis au point en capture 200 fois plus ! Cette découverte faite à Gembloux apporte un outil essentiel aux chercheurs, qui pourront étudier cet insecte, même à des niveaux de population très faibles.



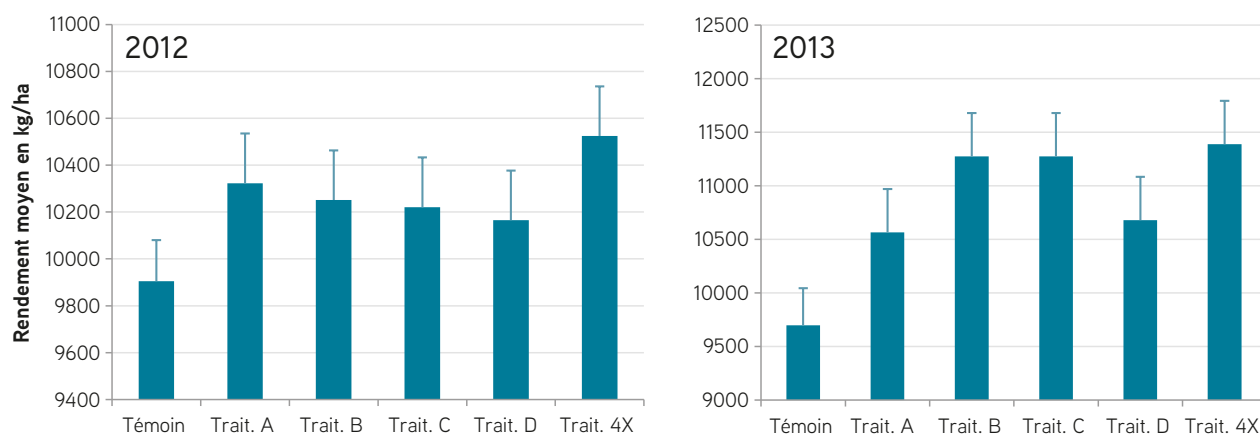
*Captures de cécidomyies équestres mâles sur une plaque engluée d'un piège à phéromone*

## ROTATIONS POUR PRÉVENIR, PULVÉRISATIONS POUR GUÉRIR

En l'absence de variétés résistantes à la cécidomyie équestre, la lutte contre ce ravageur repose principalement sur la rotation des cultures et, en cas de populations élevées, sur le contrôle chimique. De simples pulvérisations à l'aide de pyréthrinoïdes peuvent donner d'excellents résultats si elles sont bien positionnées. Ces produits agissent par contact et doivent toucher les adultes, les œufs ou les toutes jeunes larves lors de leur migration vers la tige. En effet, une fois qu'elles se sont glissées sous la gaine foliaire, les larves sont hors d'atteinte. Les vols pouvant s'étaler sur plusieurs semaines, plusieurs pulvérisations sont parfois nécessaires. En 2011, une étude menée sur ce ravageur par le CRA-W et INAGRO, a montré une très bonne efficacité de plusieurs pyréthrinoïdes fréquemment utilisés en blé contre les pucerons. En effet, le nombre de galles présentes sur les différents entrenœuds de la plante de blé peut être réduit de près de 90 % par certains traitements, à leur dose homologuée contre les pucerons.



D'autres essais réalisés en 2012 et 2013 ont montré, d'une part une diminution de 13 à 99 % du nombre de galles sur les tiges et, d'autre part un gain de rendement de 9 à 17 % selon le nombre et le positionnement des applications de lambda-cyhalothrine.



A, B, C et D correspondent aux 4 dates de pulvérisation échelonnées de 10 en 10 jours en 2012 et de 14 en 14 jours en 2013. Chaque parcelle n'a reçu qu'une seule pulvérisation, sauf pour le « Trait. 4X », où elles en ont reçu quatre.

## La cécidomyie jaune du blé

Par sa morphologie, son cycle biologique et les dégâts qu'elle occasionne, la cécidomyie jaune du blé, *Contarinia tritici* (Kirby), est très semblable à la cécidomyie orange du blé ; tellement, que plusieurs auteurs les ont confondues et que la littérature portant sur ces insectes recèle beaucoup d'informations assez suspectes. Ainsi, sa présence sur le continent nord-américain est contestée par de nombreux auteurs et incertaine. Des dégâts sont rapportés du Japon à l'Angleterre, en passant par tout le continent eurasiatique, mais également en Nouvelle-Zélande. Les dégâts touchent principalement le blé ; les autres graminées sont moins concernées. Actuellement, les populations de cécidomyie jaune sont faibles dans nos régions, et ce ravageur, n'occasionnant que très rarement des dégâts, n'est pas combattu.

### COMME DEUX GOUTTES D'EAU...

La cécidomyie jaune est morphologiquement très proche de la cécidomyie orange. La principale caractéristique permettant de les distinguer est leur couleur : jaune pour la première, orange vif pour la seconde. En outre, les femelles des deux espèces peuvent être distinguées par la longueur de leur ovipositeur, beaucoup plus long chez la cécidomyie jaune.

La cécidomyie jaune est généralement univoltine. Toutefois, plusieurs auteurs ont observé des pontes, de même que des larves de cette espèce, en fin d'été sur des graminées sauvages.

Les adultes de cécidomyie jaune ne vivent que quelques jours. Contrairement à sa consœur orange, la cécidomyie jaune du blé pond ses œufs par petits amas de 5 à 10, si bien qu'il est fréquent de retrouver plusieurs larves dans la même fleur de blé. La phase alimentaire se passe aux dépens du jeune ovaire et des tissus voisins. Le plus souvent, la fleur avorte. Tant que le nombre de fleurs avortées n'est pas trop élevé, le dégât de cet insecte peut être compensé par une meilleure croissance des grains voisins. En revanche, si l'attaque est sévère, le rendement peut être affecté. Plus encore que pour la cécidomyie orange, les dégâts de la cécidomyie jaune sont conditionnés par la coïncidence entre les vols de l'insecte et la phase sensible du blé se limitant à l'épiaison. Vers début juillet, lorsqu'elles ont achevé leur phase alimentaire, les larves se laissent tomber des épis. Pour quitter l'épi où elles se sont développées, les larves de cécidomyie jaune sont plus pressées que celles de cécidomyie orange. Il leur arrive de sortir des épis sans attendre la pluie qui leur assurerait l'ameublissement du sol dans lequel elles doivent s'enfouir.

Une étude menée en conditions contrôlées en 2014 a testé, sur la cécidomyie jaune, l'hypothèse des pluies inductrices mises en évidence chez sa cousine orange. L'expérience s'est avérée concluante : les émergences de cécidomyie jaune répondent aux mêmes lois que celles de cécidomyie orange. Toutefois, des paramètres tels que la température de base peuvent sans doute différer, si bien qu'un modèle prévisionnel des émergences pour cette espèce ne peut pas encore être proposé.



*Cécidomyie jaune femelle avec son long ovipositeur*



*Larve de cécidomyie jaune*

## La mouche de Hesse

Au cours de l'étude des cécidomyies à Gembloux, la mouche de Hesse, *Mayetiola destructor* (Say), a été détectée quelques fois, mais de façon occasionnelle. Assez rare en Belgique, la mouche de Hesse n'en est pas moins un des insectes les plus nuisibles au monde pour les céréales. Originaire d'Eurasie, cette petite cécidomyie doit son nom à son introduction aux États-Unis par les pailles des soldats de Hesse lors de la guerre d'indépendance américaine à la fin du 18<sup>e</sup> siècle. Des dégâts sévères sont rapportés en blé de la Chine au Canada, en passant par tout le continent eurasiatique, mais également au Maghreb et en Nouvelle-Zélande. La mouche de Hesse s'attaque principalement au blé, les autres graminées étant moins concernées. La charge en blé dans les rotations influe directement sur les populations.



*Mouche de Hesse femelle sur une plaque engluée*

### PLUSIEURS GÉNÉRATIONS PAR AN...

Contrairement aux trois autres cécidomyies des céréales, la mouche de Hesse est une espèce polyvoltine dont le nombre de générations par an (de 2 à 6) dépend des conditions météorologiques de la région et de l'année. Dans nos régions, on compte de deux à trois générations par an. Au printemps, vers le mois d'avril, les adultes émergent et ne vivent que quelques jours. Après accouplement, les femelles pondent leurs œufs sur les feuilles. Après l'éclosion des œufs, les larves migrent vers la ligule et vont se loger sous la gaine des feuilles, à l'aisselle du nœud où elles se nourrissent. Vers la fin mai, les larves qui ont fini leur phase alimentaire forment un puparium, ressemblant à une graine de lin, à l'intérieur duquel elles vont se nymphoser. Les adultes émergent et une deuxième génération peut se dérouler en juin-juillet. En fonction des températures et de l'humidité, les larves de deuxième génération peuvent entrer en diapause dans leur puparium ou continuer leur cycle pour former une troisième génération. Dans tous les cas, une dernière génération éclot à l'automne et pond sur les céréales d'hiver à peine semées. Les larves vont passer l'hiver à l'intérieur de leur puparium.



*Puparium et larve de mouche de Hesse*

### DÉGÂTS RARES CHEZ NOUS MAIS POTENTIELLEMENT CONSIDÉRABLES !

Dans nos régions, la mouche de Hesse n'occasionne que très rarement des dégâts en raison de sa présence ponctuelle et sporadique. Cependant, en cas d'infestation sévère, les dégâts de cette cécidomyie, dont les larves se nourrissent de sève sur la tige, peuvent être considérables et entraîner la perte totale de la récolte pour les variétés sensibles. Si l'attaque a lieu avant la montaison, les feuilles auront une teinte vert foncé avant de jaunir du fait de l'arrêt de la croissance des tiges. Les plantes attaquées ont alors un aspect tassé avec des tiges à divers stades. Quand l'attaque a lieu après la montaison, la larve installée au niveau d'un des nœuds perturbe le flux de sève vers l'épi en formation, ce qui entraîne une perte de rendement et de qualité des grains.

De par l'absence de dégâts, la mouche de Hesse n'est pas combattue dans nos régions. Dans les pays à fortes infestations, la culture de variétés de blé résistantes à la mouche de Hesse est le meilleur moyen de lutte contre ce ravageur. La rotation des cultures et l'enfouissement des chaumes ont un effet dépressif marqué sur les populations.



*Puparium et exuvie nymphale*



*Puparium sur une tige*

## Publications principales de l'équipe

- Censier F., 2011. Caractérisation d'un début de pullulation de cécidomyie équestre, *Haplodiplosis marginata* von Roser, en Belgique et de son impact sur les cultures de céréales. Travail de fin d'études, Gembloux Agro-Bio Tech – Université de Liège, Gembloux, Belgique.
- Censier F., Chavalle S., Wittouck D., De Proft M. & Bodson B., 2012. Chemical control of *Haplodiplosis marginata* von Roser (Diptera: Cecidomyiidae). Communication in Agricultural and Applied Biological Science, 77, p.667-675.
- Censier F., Chavalle S., San Martin y Gomez G., De Proft M. & Bodson B., 2013. Study on the sensitivity of three oat varieties to the saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* (von Roser) (Diptera: Cecidomyiidae). Communication in Agricultural and Applied Biological Science, 78, p.287-292.
- Censier F., Chavalle S., Skuhravá M., Knor S., De Proft M. & Bodson B., 2014. Unusual occurrence of cocoons in population of the saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae), in Belgium. Journal of Insect Science, 14, p.1-4.
- Censier F., Fischer C.Y., Chavalle S., Heskin S., Fauconnier M.L., Bodson B., De Proft M., Lognay G.C. & Laurent P., 2014. Identification of 1-methyloctyl butanoate as the major sex pheromone component from females of the saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae). Chemoecology, 14, p.243-251.
- Censier F., Chavalle S., San Martin y Gomez G., Wittouck D. & De Proft M., 2014. Nuisibilité de la cécidomyie équestre, *Haplodiplosis marginata* (von Roser) et protection du blé tendre d'hiver. Dans : AFPP – 10<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture Montpellier France 22-23 Octobre 2014, p.565-574.
- Chavalle S. & De Proft M., 2013. La cécidomyie orange du blé : un modèle biologique pour l'étude d'autres cécidomyies nuisibles. CRA-W Info, 39, p2.
- Chavalle S., 2013. Percer les mystères de la cécidomyie orange du blé (*Sitodiplosis mosellana*). CRA-W Info, Hors-série n°1, p3.
- Chavalle S., Jacquemin G. & De Proft M., 2014. Evaluation en conditions contrôlées de la résistance variétale du blé tendre d'hiver à la cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin). Dans : AFPP – 10<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture Montpellier France 22-23 Octobre 2014, p.575-584.
- Chavalle S., Censier F., San Martin y Gomez G. & De Proft M., 2015. Protection of winter wheat against orange wheat blossom midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) (Diptera: Cecidomyiidae): efficacy of insecticides and cultivar resistance. Pest Management Science, 71, p.783-790.
- Jacquemin G., Mahieu A., Berger A. & De Proft M., 2008. La cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) : appréhension des risques et gestion intégrée. Dans : AFPP – 8<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture Montpellier France 22-23 Octobre 2008, p.194-201.
- Jacquemin G., 2014. La cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) : appréhension des risques et gestion intégrée. Thèse de doctorat, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
- Jacquemin G., Chavalle S. & De Proft M., 2014. Forecasting the emergence of the adult orange wheat blossom midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) (Diptera: Cecidomyiidae) in Belgium. Crop Protection, 58, p.6-13.
- Divers auteurs et publications dans les différentes éditions du « Livre Blanc Céréales ».

## Références principales

- Affolter F., 1990. Etude structurelle et dynamique du complexe d'hyménoptères parasitoïdes s'attaquant aux cécidomyies des céréales *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) et *Contarinia tritici* (Kirby) (Dipt. Cecidomyiidae). Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Delémont, Suisse.
- Balachowsky A. & Mesnil L., 1935. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées: leurs mœurs, leur destruction. Etablissements Busson, Paris, France.
- Barnes H.F., 1956. Gall Midges of Economic Importance. Volume VII. Crosby Lockwood and Son Ltd, Londres, Royaume-Uni.
- Chapin J.W., 2008. Hessian fly: a pest of wheat, triticale, barley and rye. Clemson University Cooperative Extension Service.
- 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) Rübssaamen 1911, Merelbeke, Belgique: Rijkstation voor Nematologie en Entomologie.
- Dewar A.M., 2012. Ecology and control of saddle gall midge, *Haplodiplosis marginata* von Roser (Diptera: Cecidomyiidae). HGCA Research Review No. 76.
- Lhaloui S., El Bouhssini M., Naserlhaq N., Amri A., Nachit M., El Haddoury J. & Jlibène M. et al., 2005. Les cécidomyies des céréales au Maroc: biologie, dégâts et moyens de lutte. INRA, Maroc.
- Gagné R.J. & Jaschhof M., 2014. A Catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the World. 3e édition. Digital version 2.
- Skuhravy V., Skuhrava M. & Brewer W.J., 1983. Ecology of the saddle gall midge *Haplodiplosis marginata* (von Roser) (Diptera, Cecidomyiidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 96, p.476-490.
- Skuhrava M., Skuhravy V., 2009. Species richness of gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) in Europe (West Palaearctic): biogeography and coevolution with host plants. Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, 73, p.87-156.
- Oakley J.N., Cumbleton P.C., Corbett S.J., Saunders P., Green D.J., Young J.E.B. & Rodgers R., 1998. Prediction of orange wheat blossom midge activity and risk of damage. Crop Protection, 17, p.145-149.



Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W)  
Département Sciences du Vivant  
Unité Protection des Plantes et Écotoxicologie

Bâtiment Balachowsky  
Chemin de Liroux 2  
5030 Gembloux

[www.cra.wallonie.be](http://www.cra.wallonie.be)

