

RÉSISTANCE VARIÉTALE DES BLÉS TENDRES D'HIVER A LA CÉCIDOMYIE ORANGE

J. MARON ⁽¹⁾, J-B. THIBORD ⁽²⁾, P. DU CHEYRON ⁽³⁾, D. HOURCADE ⁽⁴⁾, A. TREGUIER ⁽⁵⁾

(1) ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL, Station expérimentale, 91720 BOIGNEVILLE – j.maron@arvalis.fr

(2) ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL, 21 chemin de Pau, 64121 MONTARDON

(3) ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL, Route de Châteaufort – ZA des Graviers, 91190 VILLIERS LE BACLE

(4) ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL, 6 chemin de la Côte Vieille, 31450 BAZIEGE

(5) ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL, 45, voie Romaine, Ouzouer-le-Marché, 41240 BEAUCE LA ROMAINE

RÉSUMÉ

La cécidomyie orange, *Sitodiplosis mosellana*, est un ravageur du blé dont les larves se nourrissent à la surface des grains. En France, elle est généralement considérée comme un ravageur secondaire. Toutefois, en cas de fortes infestations, elle peut s'avérer particulièrement nuisible et causer jusqu'à 30% de perte en blé tendre. La fréquence de ces attaques exceptionnelles a nettement diminué depuis une dizaine d'années. Cela peut s'expliquer par une évolution des conditions climatiques, illustrée par des vols de plus en plus tardifs par rapport à la période de sensibilité des blés ; mais aussi par une meilleure gestion des populations de cécidomyies orange. En effet, de nombreuses études menées depuis les années 2000 ont contribué à une meilleure connaissance de la biologie du ravageur, au développement d'outils d'aide à la décision et surtout à l'essor de la lutte variétale, plus fiable que la lutte chimique. Néanmoins, le risque de contournement de cette résistance monogénétique est important et nécessite la mise en place de stratégies de gestion à long terme adaptées aux conditions agronomiques et climatiques françaises.

Mots-clés : cécidomyie orange, protection intégrée, variété résistante

ABSTRACT

The orange wheat blossom midge, *Sitodiplosis mosellana*, is a pest whose larvae feed on wheat grains. In France, it is considered to be a secondary pest. However, strong outbreaks have proven to be very damaging for soft wheat, causing up to 30% of yield loss. The frequency of such attacks have significantly decreased over the last decade. It might be due to increasingly delayed emergence of *S. mosellana* compared to the susceptible stages of wheat, possibly triggered by climate change ; as well as a better management of *S. mosellana* populations. Indeed, researches conducted since 2000 resulted in a deeper understanding of its biology, the development of decision tools and the introduction of varietal resistance in management practices, which is more reliable than insecticide treatments. Considering the weakness of single-gene resistance, it is however crucial to ensure its sustainability by implementing strategies tailored to french agronomic and climatic conditions.

Keywords : orange wheat blossom midge, management practices, varietal resistance

INTRODUCTION

La cécidomyie orange *Sitodiplosis mosellana*, découverte en Moselle en 1857 par Gehin, est un diptère dont l'adulte de couleur orangé mesure de 2 à 3 mm. Les larves sont des ravageurs des blés et plus particulièrement du blé tendre, même si certaines attaques sur blé dur ont déjà été recensées. *S. mosellana* est généralement désignée comme un ravageur secondaire du fait de la sporadicité de ses attaques ainsi que la forte hétérogénéité des niveaux de dégâts constatés. Néanmoins, certains épisodes particulièrement dommageables, avec des pertes de rendement de 30%, ont été observés dans le Nord en 1999 et dans la Beauce en 2003. De plus, jadis cantonnée au Nord-Est de la France, l'aire de répartition *S. mosellana* s'étend progressivement et elle est désormais régulièrement signalée dans la Beauce, en Nouvelle-Aquitaine (Vienne et Charente Maritime) et même dans le Gers. De nombreuses études ont ainsi été menées dès le début des années 2000 afin de mieux appréhender ce ravageur, notamment pour caractériser au mieux les situations à risque, mais aussi dans l'optique de trouver des moyens de lutte efficaces. L'interdiction progressive des familles chimiques d'insecticides utilisées a fortement accru l'intérêt pour des moyens de lutte indirectes, dont la résistance variétale.

AMÉLIORER LA CONNAISSANCE DU RISQUE ASSOCIE AU RAVAGEUR

CYCLE BIOLOGIQUE DE LA CÉCIDOMYIE ORANGE

Cette espèce ne réalise qu'une génération par an. Les larves passent l'hiver dans le sol, à l'intérieur d'un cocon, dans un état de dormance que l'on appelle la diapause. Cette dernière est généralement levée en milieu de printemps si les conditions climatiques ont été favorables (pluies inductrices et somme de degrés-jours) (Vauris, 2010). Dans le cas contraire, les cocons peuvent rester viables jusqu'à 12 ans dans le sol. Les larves remontent ensuite vers la surface pour s'empurger, puis les adultes émergent quelques semaines plus tard. En soirée et après fécondation, les femelles pondent leurs œufs au niveau des épis, à la surface des glumes, à raison d'1 à 2 larves par épi. Il faut pour cela que le blé soit entre le stade épiaison et fin floraison, que la température soit supérieure à 15°C et le vent inférieur à 7 km/h. Après éclosion, les larves s'introduisent dans les épillets afin de s'y nourrir pendant 2 à 3 semaines. Enfin, à l'occasion de précipitations, elles se laissent tomber au sol pour former un cocon et s'enfouir.

DÉGÂTS OCCASIONNES

Les dégâts sont essentiellement causés par les larves qui se nourrissent sur les grains en sécrétant des enzymes digestives à travers leur cuticule (Vauris, 2010). Les attaques sont repérables à la déformation des grains, ainsi qu'un ramollissement du péricarpe, parfois jusqu'à la fissure ou l'éclatement.

Ce type de prise alimentaire se traduit par une diminution du PMG et donc une perte de rendement pouvant atteindre les 30% (Oakley, 1994). Cela s'explique notamment par de possibles avortements floraux et une élimination des petits grains lors de la moisson. En effet, la biomasse d'un grain attaqué est réduite de 62% en moyenne par rapport à un grain sain (Lamb *et al*, 2000).

De plus, les enzymes sécrétés par les larves altèrent la qualité boulangère des grains en réduisant le temps de chute de Hagberg et la force boulangère, W (Helenius & Kurppa, 1989). De même, ils réduisent la capacité germinative des semences après récolte d'environ 73% (Lamb *et al*, 2000).

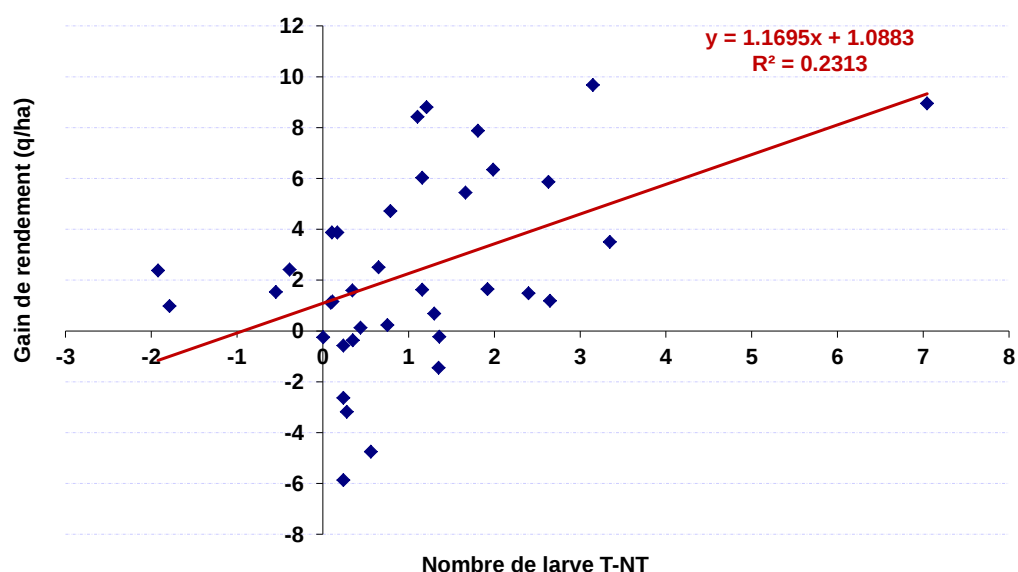
Enfin, les femelles peuvent jouer le rôle de vecteur d'agents pathogènes tels que *Fusarium graminearum*, pathogène auquel le blé est sensible pendant la même période que la cécidomyie orange (Vauris, 2010).

ÉVALUATION DE LA NUISIBILITÉ

La nuisibilité de la cécidomyie orange *S.mosellana* a été estimée grâce à des essais réalisés au champ dans lesquels étaient comparées au minimum deux modalités de traitement : un témoin non traité, et une modalité traitée à l'aide d'un insecticide. Ces essais ont permis d'estimer la nuisibilité en reliant l'impact sur le rendement au nombre de larves observées par épi. Bien que cette relation ne soit a priori pas linéaire (Chavalle *et al* 2015), on peut considérer qu'en moyenne, 1 larve par épi représente une perte de rendement d'environ 1q/ha (figure 1). Cela concorde avec les résultats d'une étude menée en Belgique par Jacquemin (2014).

Figure 1 : Relation entre le gain de rendement et la réduction du nombre de larves par épi observé entre 2002 et 2012.

(Relationship between the yield gain and the reduction of larvae per spike for different varieties from 2002 to 2012).



ESTIMATION DU RISQUE LIE AUX NIVEAUX DE POPULATION DU RAVAGEUR

Compte tenu du caractère sporadique et localisé des attaques de cécidomyies, il est nécessaire de régulièrement mesurer leurs populations et d'évaluer le niveau de risque de chaque parcelle. Pour cela, il existe 3 méthodes d'observation couramment utilisées : le comptage de larves dans le sol avant semis, le comptage de larves par épis au moment de la récolte et la surveillance de l'émergence des adultes par piégeage (Chavalle, 2018). Cette dernière, moins chronophage et plus facile à mettre en œuvre que les deux autres, est la méthode privilégiée en France car le risque de dégâts infligés par *S.mosellana* dépend en grande partie de la date d'émergence des adultes.

Les techniques de piégeage sont multiples (phéromones, cuvettes jaunes, sticks englués) et ne fournissent pas le même type d'informations. Ainsi, les pièges à phéromones qui attirent les mâles sur de grandes distances, peuvent renseigner de façon précoce sur la présence de cécidomyies orange dans un secteur de culture. Les cuvettes jaunes quant à elles, piègent majoritairement les femelles au niveau des épis lors de l'oviposition et permettent notamment d'ajuster la date d'application d'un éventuel traitement phytosanitaire.

A chaque méthode de piégeage est associé un seuil d'intervention à partir duquel le traitement insecticide peut-être déclenché (Chavalle, 2018). Toutefois en France, seul le seuil pour les cuvettes jaunes a été validé et est fixé à 10 adultes par cuvette en une journée (Arvalis - Institut du Végétal, 2017).

La surveillance réalisée au cours du printemps est intéressante pour décider d'un éventuel traitement insecticide pour protéger la culture. Cependant, il existe des leviers qui influencent l'abondance des cécidomyies orange, et donc l'intensité du risque encouru par la parcelle. Ainsi, une grille agronomique (figure 2) a été établie afin d'évaluer le niveau de risque selon 4 critères majoritaires : la sensibilité variétale, l'historique de la parcelle et la fréquence de retour au blé (liés au stock de cocons potentiellement présents dans le sol) et enfin le type de sol (Arvalis – Institut du Végétal, 2012). A noter que le travail du sol et la précocité de floraison de la variété jouent également un rôle sur le niveau de risque associé. En effet, le labour, bien qu'il n'ait aucun effet sur le nombre total de cécidomyies, contribue, par enfouissement des cocons, à échelonner les émergences. La précocité de la variété quant à elle, peut avoir une influence sur la probabilité de coïncidence entre la période sensible des blés et l'émergence des cécidomyies (liée aux conditions climatiques).

Figure 2 : Grille agronomique d'évaluation du risque cécidomyie orange associé à une parcelle.
(Agronomic grid assessing the risk associated with the orange wheat blossom midge per parcel).

Sensibilité variétale	Historique de la parcelle	Rotation sur la parcelle	Dominante du type de sol	RISQUE
Variété résistante				0
Variété sensible	Historique sans cécidomyies	Rotation sans Blé/Blé	Sableux	1
			Limoneux	1
			Argileux (+ craie)	2
		Rotation avec Blé/Blé	Sableux	3
			Limoneux	3
			Argileux (+ craie)	4
	Historique avec cécidomyies	Rotation sans Blé/Blé	Sableux	5
			Limoneux	5
			Argileux (+ craie)	6
		Rotation avec Blé/Blé	Sableux	7
			Limoneux	7
			Argileux (+ craie)	8

0 : Aucun risque. Ne pas traiter.

1 à 4 : Risque faible → pose de cuvettes conseillée.

5 et 6 : Risque moyen → poser **2** cuvettes jaunes **par parcelle**.

7 et 8 : Risque fort → Relever les cuvettes toutes les 48h, voire 24h.

MODÈLES DE PRÉDICTION DE L'ÉMERGENCE DES ADULTES

Dans l'optique de faciliter le monitoring des populations et d'anticiper un éventuel traitement phytosanitaire, plusieurs pays dont le Royaume-Uni (Oakley *et al*, 1998), la Belgique (Jacquemin, 2014) ou encore le Canada (Elliott *et al*, 2009), ont développé leur propre modèle de prédiction de l'émergence des adultes. Ils se basent sur l'analyse des conditions météorologiques locales et sur les connaissances de la biologie du ravageur pour évaluer la probabilité de coïncidence entre la date d'émergence et la période de sensibilité des blés (Chavalle, 2018). En France, il n'existe pas de modèle valide ; néanmoins, en 2012, à l'issue de travaux menés par Arvalis-Institut du Végétal, une ébauche a été construite sur la base de résultats d'un réseau de piégeage. Ce modèle doit faire l'objet d'une validation avant d'être utilisé largement.

EVOLUTION DES PRATIQUES : DE LA LUTTE CHIMIQUE A LA LUTTE VARIÉTALE

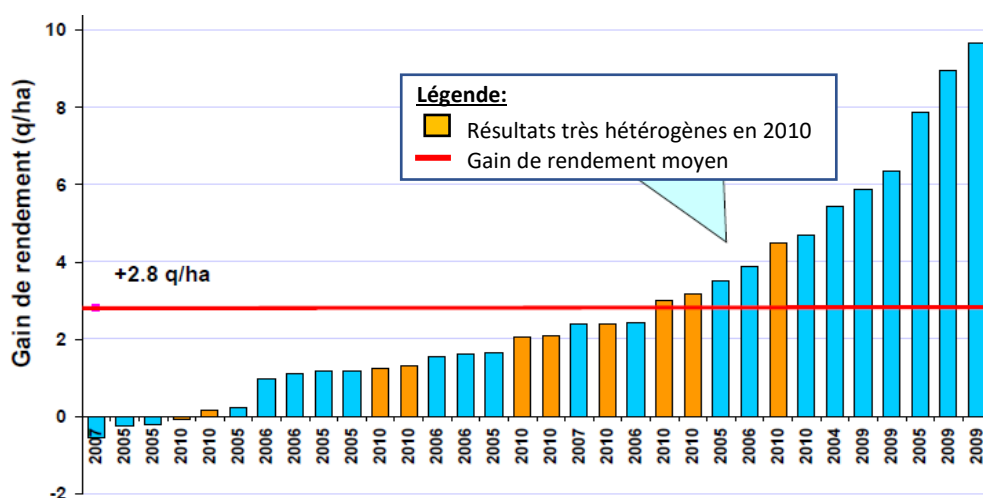
LA LUTTE CHIMIQUE : CONVENTIONNEL ET BIOCONTROLE

L'utilisation de produits phytosanitaires était la méthode classiquement utilisée pour protéger les céréales contre la cécidomyie orange jusqu'à la fin des années 2000. Aujourd'hui encore, cette méthode peut être envisagée en cas de fortes attaques pour protéger des variétés sensibles.

Toutefois, c'est une solution dont l'efficacité varie selon le stade de développement et l'activité de la cécidomyie orange (conditions favorables au vol et à la ponte des adultes) et de la durée de la période de sensibilité du blé tendre. Malgré des conditions optimales de traitement, l'efficacité peut parfois être insatisfaisante lorsqu'elle est réalisée en une seule application. Historiquement, les efficacités des produits sont assez variables et sur 35 essais réalisés de 2005 à 2010 par Arvalis – Institut du Végétal, le gain de rendement moyen observé n'est que de 2,8 q/ha (figure 3).

Actuellement en France, une seule famille d'insecticide est recommandée pour la protection contre la cécidomyie orange : les pyréthrianoïdes. Aucune des solutions disponibles n'est efficace contre les larves installées dans les épis et la rémanence d'action des produits est globalement faible. Il faut donc toucher les adultes pendant leur courte période d'oviposition sur les épis pour espérer limiter l'intensité de l'attaque, ce qui explique le caractère crucial du positionnement ainsi que l'efficacité relativement limitée de la lutte directe.

Figure 3 : Gain de rendement obtenu après traitement insecticide.
(Yield gain induced by an insectid treatment)



LA LUTTE BIOLOGIQUE : RÉGULATION PAR LES AUXILIAIRES DE CULTURE

Le parasitoïde principal de *S.mosellana*, *Macroglènes penetrans* est une guêpe microscopique qui parasite les œufs de cécidomyie mais ne provoque la mort des larves qu'au printemps suivant, lors de la sortie de diapause. La réduction du nombre de cécidomyies orange s'exerce donc avec une année de retard par rapport à la culture en place. Dans la province du Saskatchewan (Canada), cet auxiliaire permet ainsi de contrôler 20 à 40% des populations de *S.mosellana*, bien qu'il soit inefficace localement face à de fortes infestations (Vauris, 2010). De plus, dans cette même région, 14 espèces de carabes prédatant 1 à 86 larves de cécidomyie par m² de sol, ont été identifiées. Ces insectes ne jouent pas un rôle majeur dans le contrôle biologique du ravageur, néanmoins, ils contribuent à diminuer le stock de cocons présents dans le sol (Holland & Thomas, 2000).

DÉVELOPPEMENT DE LA LUTTE VARIÉTALE

Depuis la fin des années 2000, le recours aux variétés de blé tendre résistantes à la cécidomyie orange est la méthode de lutte préventive la plus utilisée dans le monde. Elle est également fortement développée en France.

Cette résistance repose sur deux mécanismes : l'antixénose (inhibition de la ponte) et l'antibiose (inhibition de la croissance des larves) (Chavalle, 2018). Néanmoins, c'est essentiellement sur ce dernier que s'appuient les programmes de sélection variétale.

Le caractère de résistance est conféré par un unique gène partiellement dominant, *Sm1*, situé sur le chromosome 2BS du blé tendre. La présence de ce gène induit une réaction d'hypersensibilité associée à une forte production d'acide férulique et p-coumarique lorsque les larves s'alimentent à la surface du grain. La concentration en acides diminue dès la maturation et n'affecte en rien la qualité des grains (Chavalle, 2018).

SÉLECTION DU CARACTÈRE DE RESISTANCE PAR MARQUAGE GÉNÉTIQUE

Afin de faciliter la sélection des variétés résistantes à *S.mosellana*, deux programmes soutenus par le Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale (FSOV), partenariat entre les sélectionneurs français, un institut de recherche anglais et Arvalis - Institut du Végétal, sont lancés entre 2010 et 2018 afin d'identifier un ou plusieurs marqueurs moléculaires associés au gène *Sm1*.

Deux marqueurs SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) sont ainsi découverts et permettent de confirmer la résistance d'une variété dans 80% des cas. Ils sont nettement plus performants que le premier marqueur historiquement utilisé, *Wm1* dont l'efficacité en France était d'environ 30%. (Hourcade & Treguier, 2014). Plus récemment, en 2019, l'amélioration de la connaissance des génomes a permis d'identifier un marqueur fiable à 100% (aucun faux-négatif).

EXPANSION DU CATALOGUE ET EVOLUTION DE L'UTILISATION DES VARIÉTÉS RÉSISTANTES A *S.MOSELLANA*

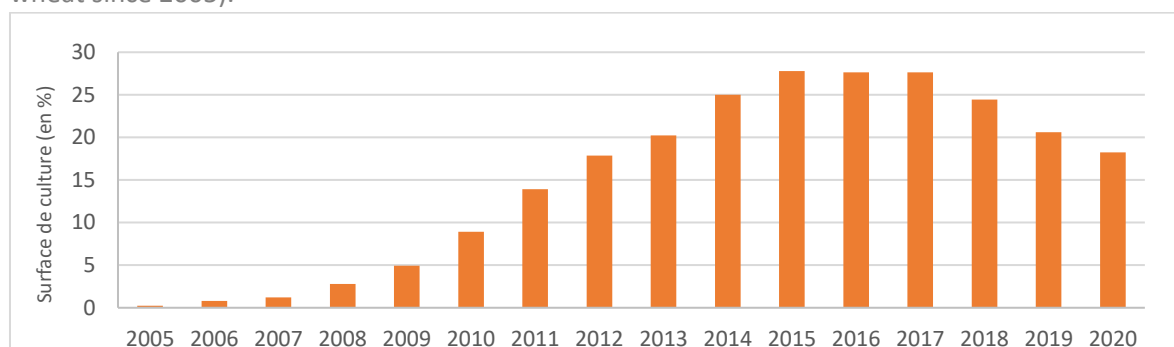
L'utilisation de ces marqueurs par les sélectionneurs s'est traduite par l'augmentation du nombre de variétés résistantes inscrites au catalogue, à raison de 5 à 10 nouvelles variétés par an (du Cheyron *et al*, 2021). Certaines « anciennes » variétés ont également pu être réévaluées au champ et leur résistance à la cécidomyie orange confirmée par la présence des marqueurs du gène *Sm1*.

Ainsi, en 2021, 70 variétés résistantes à la cécidomyie orange sont disponibles en France contre 7 seulement en 2010. Cela représente respectivement 19% et 2% de l'ensemble des variétés de blé tendre disponibles en France.

Cette diversification de l'offre de la liste variétale en blé tendre explique l'augmentation de la surface cultivée en France allouée à des variétés résistantes. En 2015, elles représentaient 27% de la surface cultivée en blé tendre contre moins d'1% en 2005 (figure 4).

Figure 4: Pourcentage de la surface de culture allouée aux variétés de blé tendre résistantes aux cécidomyies orange depuis 2005.

(Percentage of cultivated area allocated to orange wheat blossom midge-resistant varieties of soft wheat since 2005).

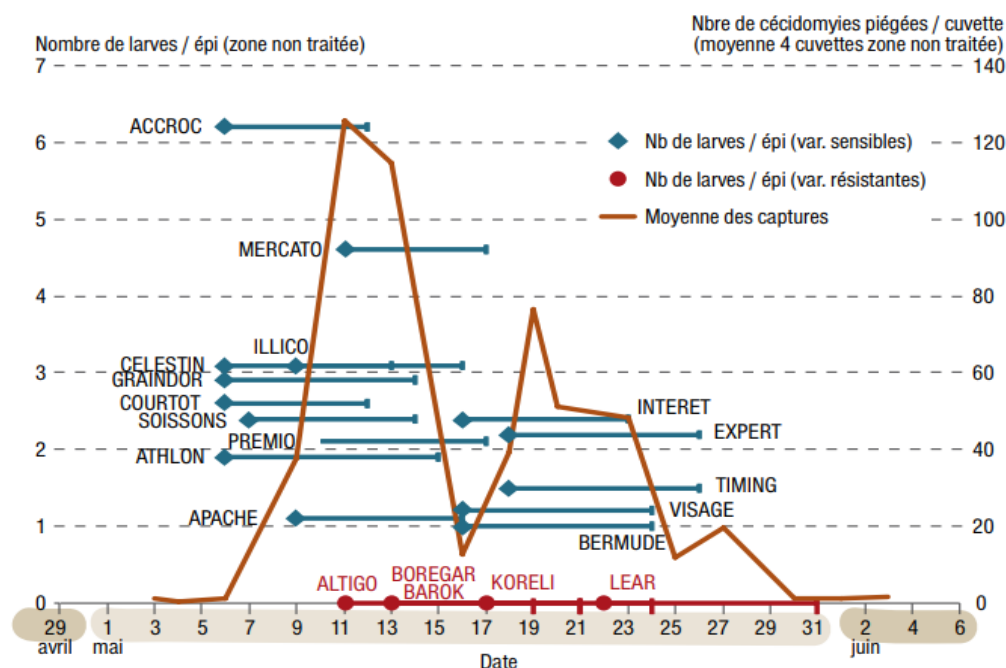


LA LUTTE VARIÉTALE, LEVIER PARTICULIÈREMENT EFFICACE DE LA PROTECTION INTÉGRÉE

Une variété résistante présente un nombre de larves par épi considérablement plus faible qu'une variété n'ayant pas le gène *Sm1* (figure 5) et par conséquent, limite les pertes de rendement.

Figure 5 : Nombre de larves de cécidomyie orange par épi selon les variétés de blé tendre comparé aux moyennes des captures en cuvettes jaunes. Source : Perspectives agricoles, 2014.

(Number of larvae per spike sorted by soft wheat varieties, compared to the number of adults caught by yellow traps.)



En 2009 par exemple, une campagne menée par Arvalis-Institut du Végétal sur 10 essais démontre que la variété résistante ALTIGO présente un gain de rendement moyen de 14,4 q/ha par rapport aux variétés sensibles APACHE et AREZZO (figure 6). D'autre part, des essais menés entre 2004 et 2010 par Arvalis-Institut du Végétal en France ont établi que l'utilisation d'insecticides sur une variété résistante apportait un gain de rendement négligeable et sans relation avec le ravageur cible. En 2009, sur 4 variétés résistantes testées, le gain de rendement brut moyen était de 2,5 q/ha (figure 7).

Figure 6 : Rendement selon la sensibilité variétale.
(Yield depending on varietal susceptibility).

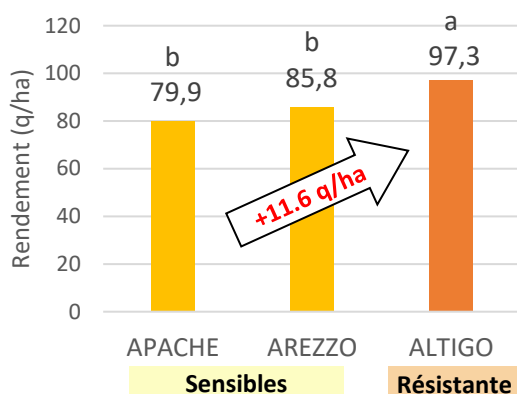
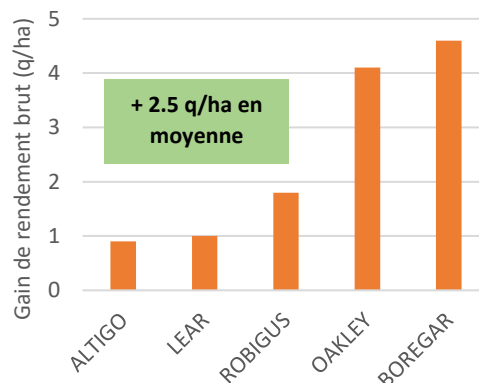


Figure 7 : Gain de rendement brut après traitement sur variété résistante.
(Gross yield gain after treating resistant varieties).



ASSURER LA PÉRENNITÉ DU LEVIER VARIÉTAL

FREINS A LA GÉNÉRALISATION DE CETTE STRATÉGIE DE LUTTE

Le caractère monogénique de la résistance par antibiose facilite son intégration dans les programmes de sélection. Néanmoins, il rend son contournement par la cécidomyie orange plus aisé, d'autant plus que l'utilisation de variétés résistantes est plus fréquente dans certains secteurs exposés au risque d'attaques. En effet, dès 2007, au Canada, il a été constaté qu'un petit nombre de larves de *S. mosellana* étaient capables de se développer jusqu'à maturité sur une variété résistante porteuse du gène *Sm1*. Ces individus étaient globalement plus petits et présentaient un taux de survie à la diapause plus faible. Ces observations renforcent l'hypothèse de Smith *et al* (2007) selon laquelle il existe déjà, parmi les populations de cécidomyies orange, un allèle de virulence permettant de s'adapter au gène *Sm1*. La fréquence de cet allèle a été estimée entre $0,8.10^{-4}$ et $1,6.10^{-2}$. Cela peut être suffisant pour contourner la résistance car une utilisation massive et répétée de variétés résistantes reposant sur le même mode d'action, sélectionne l'allèle de virulence en question, jusqu'à le rendre prédominant dans les populations de *S. mosellana*. Ce cas a déjà été observé avec une autre cécidomyie, la mouche de Hesse (*Mayetiola destructor*), dont la résistance variétale conférée par le gène H3 a été rendue totalement inefficace seulement 9 ans après sa commercialisation (Foster *et al*, 1991).

PERSPECTIVES POUR UNE GESTION A LONG TERME

Pour prolonger la durée de vie de la résistance variétale, l'aménagement de « zones refuges » cultivées en variétés sensibles peut permettre à des individus non porteurs de l'allèle de virulence de survivre et de s'accoupler avec des individus résistants. De plus, cela permettrait de maintenir les populations de parasitoïdes associés tels que *M. penetrans* (Smith *et al*, 2004). Cette stratégie de gestion est appliquée au Canada, où les variétés résistantes sont systématiquement vendues en mélange avec des variétés sensibles selon un ratio 90:10 (Elliott *et al*, 2011). Ainsi, la longévité de la résistance initialement estimée à 10 ans serait multipliée par 9 d'après la Midge Tolerant Wheat Stewardship Team. Pour que cette solution soit applicable en France, il serait nécessaire d'ajuster le ratio d'un tel mélange variétal aux conditions agronomiques, épidémiologiques et pédoclimatiques françaises. Il est également envisageable de poursuivre le phénotypage variétal afin d'explorer de nouvelles sources de résistance.

La résistance par antixénose par exemple, qui inhibe ou dissuade l'oviposition des femelles, pourrait être une alternative envisageable, bien que son caractère multigénique et la forte influence des conditions environnementales sur son expression complique son intégration aux programmes de sélection variétale. Une méthode a notamment été proposée en Belgique (Chavalle, 2018) afin d'identifier rapidement des variétés porteuses de cet autre type de résistance grâce à l'utilisation de populations de *S.mosellana* porteuses de l'allèle de virulence.

Enfin, il serait judicieux de confronter les modèles de prédiction d'émergence à différents scénarii climatiques afin d'anticiper l'évolution des stratégies de gestion de ce ravageur dans la prochaine décade.

CONCLUSION

La découverte et la sélection par marquage moléculaire d'une résistance variétale particulièrement efficace, combinées à une estimation plus fine du risque associé à la cécidomyie orange, ont contribué à une meilleure gestion des attaques depuis une dizaine d'années. Toutefois, le changement climatique risque de perturber le cycle biologique de ce ravageur dont l'émergence est particulièrement dépendante des températures et des précipitations. De plus, l'expansion des surfaces cultivées allouées en France aux variétés basées sur la même résistance monogénétique augmente la probabilité de contournement de cette résistance, d'autant plus que l'allèle de virulence correspondant est naturellement présent dans les populations de cécidomyies orange. Au Canada et en Belgique, différentes approches de gestion sont mises en œuvre pour augmenter la durabilité du levier variétal. En France, il semble pertinent d'entamer une réflexion afin de proposer un plan de gestion à long terme de ce ravageur qui prenne en compte le contexte agronomique français, la diversité des conditions pédoclimatiques ainsi que les scénarii d'évolutions climatiques.

REMERCIEMENTS

Un grand merci à Agnès TREGUIER, Philippe du CHEYRON, Régis DOUCET, Yann FLODROPS, Delphine HOURCADE, Baptiste SOENEN et Pierre TAUPIN d'avoir pris le temps de répondre à toutes mes questions et de m'avoir partagé leurs différents travaux.

BIBLIOGRAPHIE

Arvalis - Institut du végétal, 2012. Prévoir le risque cécidomyies orange – Traitements et interventions de printemps. *Choisir & décider - Editions ARVALIS - Institut du végétal*. Région Poitou-Charentes, France.

Arvalis - Institut du végétal, 2017. Céréales à pailles : interventions de printemps. *Choisir & décider - Editions ARVALIS - Institut du végétal*. Flers, France.

Chavalle S., et al, 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, 5, 783-790.

Chavalle S., 2018. La cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin): amélioration des stratégies de lutte et gestion intégrée. *Thèse de doctorat*. Université de Liège, Liège, Belgique.

Du Cheyron P., Hourcade D. & Cadot V., 2021. Variétés de blé tendre : le marquage moléculaire accélère l'évaluation variétale. *Perspectives agricoles*, 484, 62-66.

Elliott, R. H., Mann, L., & Olfert, O., 2009. Calendar and degree-day requirements for emergence of adult wheat midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin)(Diptera: Cecidomyiidae) in Saskatchewan, Canada. *Crop Protection*, 28, 7, 588-594.

Elliott B., Olfert O., & Hartley S., 2011. Management practices for wheat midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin). *Prairie Soils and Crops*, 4, 8-13.

Foster J. E., Ohm H. W., Patterson F. L., *et al.*, 1991. Effectiveness of deploying single gene resistances in wheat for controlling damage by the Hessian fly (Diptera: Cecidomyiidae). *Environmental Entomology*, 20, 4, 964-969.

Helenius J. & Kurppa S., 1989. Quality losses in wheat caused by the orange wheat blossom midge *Sitodiplosis mosellana*. *Annals of applied biology*, 114, 3, 409-417.

Holland J. M. & Thomas S. R., 2000. Do polyphagous predators help control orange wheat blossom midge, *Sitodiplosis mosellana* Géhin (Dipt., Cecidomyiidae) in winter wheat? *Journal of Applied Entomology*, 124, 7-8, 325-330.

Hourcade D. & Treguier A., 2014. Cécidomyie orange : vers plus de variétés de blé résistantes. *Perspectives agricoles*, 417, 66-68.

Jacquemin G., 2014. La cécidomyie orange du blé, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin): appréhension des risques et gestion intégrée. *Thèse de doctorat*. Université Libre de Bruxelles.

Lamb R. J., *et al.*, 2000. Trophic interaction between *sitodiplosis mosellana* (diptera: cecidomyiidae) and spring wheat: implications for yield and seed quality. *The Canadian Entomologist*, 132, 5, 607-625.

Oakley J. N., *et al.*, 1994. Orange wheat blossom midge: a literature review and survey of the 1993 outbreak. *Orange wheat blossom midge: a literature review and survey of the 1993 outbreak*, 28.

Oakley J. N., Cumbleton P. C., Corbett S. J., *et al.*, 1998. Prediction of orange wheat blossom midge activity and risk of damage. *Crop Protection*, 17, 2, 145-149.

Smith M. A. H., Lamb R. J., Wise I. L., *et al.*, 2004. An interspersed refuge for *Sitodiplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyiidae) and a biocontrol agent *Macroglanes penetrans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to manage crop resistance in wheat. *Bulletin of entomological research*, 94, 2, 179-188.

Smith M. A. H., Wise I. L., *et al.*, 2007. Survival of *Sitodiplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyiidae) on wheat (Poaceae) with antibiosis resistance: implication for the evolution of virulence1. *The Canadian Entomologist*, 139, 1, 133-140.

Vauris I., 2010. Les cécidomyies des fleurs du blé : caractérisation des attaques et évaluation des moyens de lutte. *Mémoire de fin d'études non publié*, VetAgroSup, Clermont-Ferrand, France.