

**AFPP – ÉCOLOGIE CHIMIQUE :
NOUVELLES CONTRIBUTIONS À LA PROTECTION DES CULTURES CONTRE LES RAVAGEURS
MONTPELLIER – 24 OCTOBRE 2017**

***TYCHIUS AUREOLUS* (KIESENWETTER, 1852) EN LUZERNE PORTE-GRAINE : EFFICACITE
D'ATTRACTIVITE DE KAIROMONES AU CHAMP**

B. COUSSY ⁽¹⁾, J. GOMBERT ⁽¹⁾, B. FRÉROT ⁽²⁾, C. PINIER ⁽²⁾, E. LIATARD ⁽¹⁾, R. SALANON ⁽¹⁾,
A. CERVELLERA ⁽²⁾, P. LEPELLEY ⁽²⁾

⁽¹⁾ FNAMS - Impasse du Verger, Brain-sur-l'Authion, 49800 Loire-Authion – France –
benjamin.coussy@fnams.fr

⁽²⁾ INRA - IEES UMR 1392 - Bat 1. Route de St Cyr, Versailles, 78026 cedex – France –
brigitte.frerot@inra.fr

RÉSUMÉ

Tychius aureolus Kiesenwetter (Coléoptère) est un des principaux insectes ravageurs séminivores de la luzerne porte-graine en France. Son contrôle par des techniques de lutte alternative est important à développer compte tenu du cadre réglementaire phytosanitaire actuel et pour une gestion plus pérenne et raisonnée de cette culture. Ainsi, de 2014 à 2016 le projet AM&BAS, en collaboration avec l'INRA de Versailles, a eu pour objectif de tester l'efficacité d'attractivité au champ de Composés Organiques Volatils de type kairomone. Afin d'évaluer l'attractivité des kairomones, plusieurs techniques de piégeage ont été testées car le *tychius* possède un cycle et une biologie peu courants, avec notamment une phase de vol très réduite. Il apparaît que le battage de végétation pour l'échantillonnage de cet insecte est la technique la plus efficace et que les formulations testées, bien que montrant une attractivité statistiquement supérieure, restent nettement perfectibles.

Mots-clés : *Tychius aureolus*, luzerne, médiateur chimique, kairomone, biocontrôle.

ABSTRACT

***TYCHIUS AUREOLUS* IN ALFALFA SEED CROPS: EFFICIENCY OF KAIROMONE ATTRACTION IN FIELD**

Tychius aureolus Kiesenwetter (Coleoptera) is one of the main seminivorous pest of alfalfa seed crop in France. Its control by alternative methods is important to develop considering the actual phytosanitary regulation and for a durable and reasonable management of this crop. Thus, between 2014 and 2016 the AM&BAS project, in collaboration with INRA de Versailles, aimed to test the attraction efficiency of kairomones in field. In order to test this efficiency, several trapping methods were tested because *tychius* has both cycle and biology uncommon, especially with a very short flying period. Vegetation beatings to sample this insect is the best method and kairomones tested, although statistically superior in terms of attraction, remain clearly perfectible.

Keywords: *Tychius aureolus*, alfalfa, chemical mediator, kairomone, biocontrol.

INTRODUCTION

Tychius aureolus Kiesenwetter est un coléoptère séminivore ravageur de la luzerne porte-graine. C'est le principal ravageur des gousses de luzerne dans le sud-ouest et l'ouest de la France avec une recrudescence des populations observées sur les dernières années. La nuisibilité, en termes de rendement grainier, est de 14 à 21% en moyenne selon une étude de D'Aguilar et Perrier (1973). Des travaux plus récents de la FNAMS (non publiés) ont montré des pertes de rendement grainier allant jusqu'à 30% en moyenne.

La lutte chimique contre ce ravageur étant de plus en plus complexe (retrait de substances actives efficaces, évolution de la réglementation, résistances, etc.), les méthodes de lutte alternative doivent être étudiées plus précisément afin de disposer d'une palette d'outils de contrôle la plus large et efficace possible.

Dans cette optique, un travail précis sur *T. aureolus* coordonné par la FNAMS a débuté en 2008 pour une durée de trois ans. Il s'est poursuivi jusqu'en 2014, date à laquelle le projet AM&BAS - Agro-messages et lutte contre les bio-agresseurs insectes en production de semences et en grandes cultures - a vu le jour (Appel à projet Pour et Sur le Plan Ecophyto 2014). Ce dernier s'est déroulé sur les deux années 2015 et 2016.

Ce projet porté par l'INRA de Versailles réunit Arvalis – Institut du Végétal (étude sur la pyrale du maïs), M2i (société française leader en production de phéromones) et la FNAMS (étude sur le tychius en luzerne). Il porte donc d'une part sur *Tychius aureolus* en luzerne et d'autre part sur la pyrale en maïs (*Ostrinia nubilalis* Hübner). L'objectif du projet est d'apporter, pour ces deux ravageurs, des moyens de lutte basés sur le développement de kairomones attractives efficaces.

Les résultats présentés ici concernent donc les travaux réalisés sur le tychius en 2015 et 2016, dans le cadre d'AM&BAS.

Plusieurs éléments sont étudiés pour adapter au mieux la stratégie de lutte. Ainsi, nous cherchons à savoir (1) quelles méthodes de piégeage sont efficaces pour capturer des tychius au champ, (2) si la ou les formulations attractives au laboratoire le sont au champ, et dans quelle mesure et (3) si la lutte contre *T. aureolus* en utilisant des médiateurs chimiques est envisageable et pertinente en culture de luzerne porte-graine.

Le choix des méthodes de piégeage se base sur les anciens travaux de la FNAMS, sur la bibliographie et la recherche de pièges disponibles dans le commerce qui pourraient être pertinents vis-à-vis de la biologie du tychius.

Les formulations attractives sont développées par l'INRA de Versailles et visent à imiter l'odeur, soit d'une fleur de luzerne, soit d'une gousse qualifiée de « stade 2 », c'est-à-dire verte et en début de spiralisation selon le barème établi par Naïbo en 1972. Ces deux stades phénologiques sont, d'après les travaux antérieurs de la FNAMS et de l'INRA (Mériaux, 2011), les plus attractifs pour les tychius, le second l'étant particulièrement pour les femelles cherchant à pondre (également observé par Naïbo).

Enfin, si l'on possède une formulation très attractive pour un ravageur donné, plusieurs stratégies de lutte sont envisageables telles que le monitoring des populations, le piégeage de masse, la confusion sexuelle, ou encore l'agrégation des ravageurs sur une zone sacrifiée de la parcelle (Cook *et al.*, 2007 ; Bernard, 2014).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

IDENTIFICATION ET ELABORATION DES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Différentes molécules de Composés Organiques Volatils (COV) susceptibles d'attirer les *Tychius aureolus* sont étudiées en conditions contrôlées à l'INRA de Versailles (UMR 1392 iEES Paris – Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris). Dans un premier temps, il s'agit d'observer à l'aide d'un olfactomètre le comportement d'un individu mâle ou femelle vis-à-vis d'un organe végétal. Si une réponse de l'individu est observée, on procède à une micro-extraction sur phase solide (SPME) de COV à partir de

l'organe végétal (fleurs, feuilles ou gousses) considéré. On réalise ensuite une chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GCMS) pour identifier les molécules émises par cet organe.

Il s'agit ensuite de synthétiser ces molécules, de les soumettre à des *T. aureolus* mâles et femelles puis d'observer leur réponse *via* une électroantennographie (EAG). Les molécules présentant une meilleure réponse sont formulées dans des capsules qui sont ensuite testées au champ pour vérifier la réponse des tychius *in-situ*.

PIEGEAGE A L'AIDE DE PITFALL TRAPS

En 2015, sur la station d'expérimentation FNAMS de Condom (32), trois modalités (formulations attractives G1 et G2, et témoin non attractif) sont mises en place. Trois pièges sont placés dans chaque modalité de fin juin à fin juillet. Ces pièges sont du type pitfall traps TAL utilisés pour la capture du cléone de la betterave et commercialisés par CSALOMON® (figure 1a). Les notations et changements de capsules sont hebdomadaires et à chaque date de notation et pour chaque piège du dispositif, le nombre de tychius adultes est relevé. L'objectif est double : voir l'efficacité d'attraction des formulations et voir si les tychius sont capturés dans ce type de piège pour insectes rampants.

PIEGEAGE A L'AIDE DE PLAQUES ENGLUEES

Plaques engluées transparentes verticales à deux hauteurs de capture

En 2015, sur une parcelle de multiplication à Berrie (86), un dispositif randomisé à six modalités (formulations attractives G1, G2, G3, G4 et G5, et témoin) par deux répétitions est mis en place de début à fin juillet (4 dates de notations). Chaque parcelle élémentaire est constituée d'un piquet métallique supportant verticalement une plaque au ras du sol et une plaque à 68 cm de hauteur (figure 1b). Chaque plaque est engluée des deux côtés et, dans la modalité avec attractifs, dispose d'une capsule de kairomone fixée en son centre avec du fil de fer. Les notations et changements de capsules sont hebdomadaires et, à chaque date de notation et pour chaque piège du dispositif, le nombre de tychius adultes est relevé. Là encore, l'objectif est double : voir l'efficacité d'attraction des formulations et voir si les tychius sont plutôt piégés au sol ou à hauteur de végétation.

En 2016, cet essai est mis en place à l'identique sur la station de Condom (32), excepté que l'on dispose uniquement deux modalités (formulation attractive G6 et témoin) par trois répétitions.

Plaques engluées colorées verticales à hauteur de végétation

En 2016, sur une parcelle de multiplication à Sainte-Verge (79) deux types de dispositifs sont mis en place :

- (1) un premier dispositif en carré latin de côté 3 à trois modalités (formulations attractives fleurs 1 et fleurs 2, et un témoin) par trois répétitions, disposé de mi-juin à mi-juillet (4 dates de notations). Les plaques utilisées sont de couleur jaune.
- (2) un second dispositif en carré latin de côté 3 à trois modalités (formulations attractives gousses 1 et gousses 2, et un témoin) par trois répétitions, disposé de mi-juillet à mi-août (4 dates de notations). Les plaques utilisées sont de couleur bleu.

Chaque parcelle élémentaire est constituée de deux tuteurs en bambou sur lesquels est fixée verticalement une plaque à hauteur de végétation (figure 1c). Les notations et changements de capsules sont hebdomadaires et, à chaque date de notation et pour chaque piège du dispositif, le nombre de tychius adultes est relevé. On cherchera ici à apprécier l'efficacité d'attraction des formulations, l'efficacité du piège en hauteur en fonction du stade (fleur ou gousse) et l'efficacité d'attraction de la couleur, bien que les deux couleurs n'aient pu être testées en même temps suite à un problème logistique.

Plaques engluées colorées horizontales au sol

En 2016, toujours à Sainte-Verge (79), un dernier dispositif est placé de mi-juillet à mi-août (4 dates de notations). Ce dispositif est en blocs aléatoires complets à trois modalités (formulations attractives gousses 1 et gousses 2, et un témoin) par deux facteurs (couleur jaune et bleu) par trois répétitions. Les plaques, à l'inverse de l'essai précédent, sont disposées horizontalement et à même le sol (figure 1d). Les notations et changements de capsules sont identiques.

On cherche ici à apprécier l'efficacité d'attraction des formulations et de la couleur, ainsi que l'efficacité du piège placé directement au sol.

Battage de végétation sur bâches

En 2015, sur une parcelle de multiplication à Berrie (86), un dispositif non randomisé à deux modalités (attractif et témoin) par trois répétitions est mis en place de début juillet à mi-août (7 dates de notation au total). En 2016, le même dispositif est mis en place sur une parcelle à Ambillou-Château (49), avec cette fois-ci quatre répétitions pour chaque modalité et 8 dates de notation.

a. Captures d'adultes

A chaque date de notation, sur chacune des parcelles élémentaires d'environ 2m² sont disposées, dès la précédente notation, des bâches en plastique sur quatre (en 2015) ou cinq (en 2016) inter-rangs (figure 1e). La végétation est secouée pour faire tomber des tychius adultes sur les bâches. Le contenu de ces dernières est immédiatement récupéré pour comptage ultérieur des individus. Les capsules sont changées toutes les semaines et les notations ont lieu à J+3 et J+7 après changement.

L'objectif est donc de voir si l'attractif gousse a attiré plus de tychius adultes sur nos placettes de suivi que le témoin. En 2016, on réalise en outre un sexage des individus collectés pour voir si l'attractivité est différente en fonction du sexe.

b. Comptages de larves et niveau d'attaque

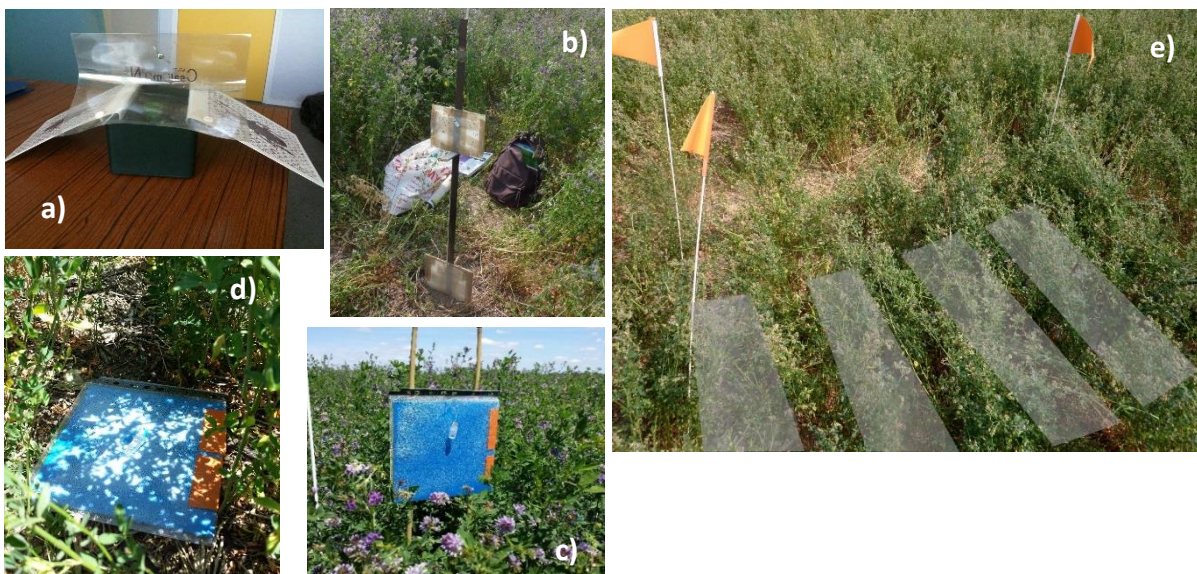
Par ailleurs, début août de chaque année, 10 inflorescences par parcelle élémentaire sont récoltées et le nombre de gousses et de larves par gousse est compté.

L'objectif est de voir s'il est possible de faire un lien entre les niveaux de capture des adultes sur les placettes et les niveaux de larves dans les gousses.

c. Rendement des placettes

La dernière manipulation effectuée sur cet essai a lieu fin août. Elle consiste à récolter 30 (en 2015) ou 50 (en 2016) inflorescences à maturité sur chaque parcelle élémentaire et de transmettre au laboratoire d'analyse des semences Labosem pour obtenir le rendement et le poids de mille grains (PMG). L'objectif est de voir si l'utilisation d'une substance attractive sur une placette permet, quels que soient les facteurs intermédiaires qui entrent en jeu, d'observer une différence de rendement et donc d'envisager des stratégies de lutte adaptées.

Figure 1 : Photographies des différentes techniques d'échantillonnage utilisées en 2015 et 2016 (a) pitfall trap (b) plaques engluées verticales transparentes (c) plaque engluée verticale colorée (d) plaque engluée horizontale colorée (e) placette de battage de végétation avec positionnement schématique des bâches en plastique (Photographs of traps used in 2015 and 2016 (a) pitfall trap (b) sticky and transparent traps vertically (c) sticky and colored trap vertically (d) sticky and colored trap horizontally (e) plants beating plot with schematic positioning of plastic tarpaulins)



TESTS STATISTIQUES

Les différents tests sont réalisés à l'aide des logiciels R (The R Foundation® - version 3.1.3) et XlStat (Addinsoft® – version 18.06.38277). Après vérification des conditions d'applications des tests, les comparaisons de modalités sont effectuées à l'aide d'analyses de variance ou de tests t-Student. Dans le cas de non-respect des conditions d'applications, des transformations de données (logarithme ou racine-carrée) sont d'abord réalisées et, si non satisfaisantes, des tests non paramétriques (Kruskal-Wallis) ou régressions de Poisson sont employés.

RESULTATS

PIEGEAGE A L'AIDE DE PITFALL TRAPS

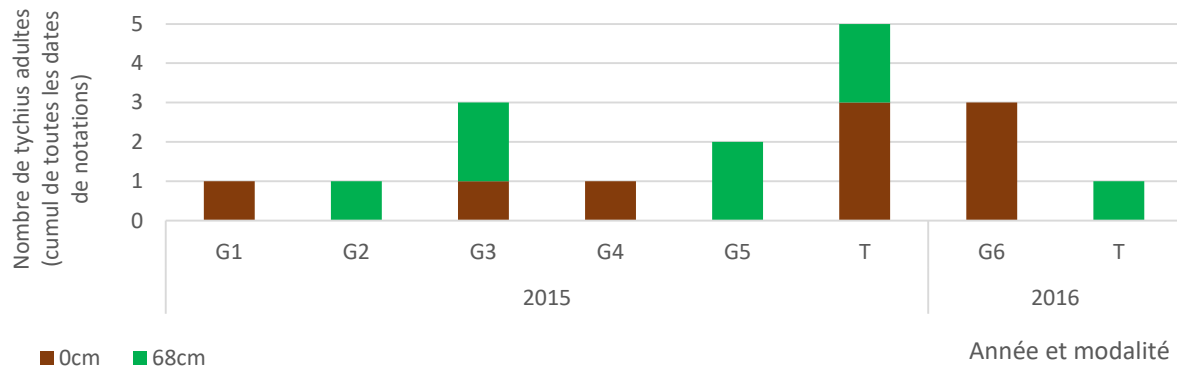
La bonne infestation en tychius de la parcelle a été vérifiée au filet fauchoir (92 adultes capturés le 30/06). Néanmoins, un nombre très faible de spécimens a été capturé, avec en moyenne par date 0.47 ± 0.26 individus dans la modalité G1, 0.60 ± 0.28 dans la G2 et 0.40 ± 0.18 dans le témoin. Il n'y a pas de différence statistique entre les modalités (anova ; $p=0.81$).

PIEGEAGE A L'AIDE DE PLAQUES ENGLUEES

Plaques engluées transparentes verticales à deux hauteurs de capture

Quels que soient l'année, le lieu d'essai et l'infestation de la parcelle (faible en 2015 et forte en 2016) cette technique est peu efficace pour capturer des tychius (figure 2) et ne permet pas de voir de différence statistique entre les modalités (régression de Poisson ; $p_{\text{attractifs}}=0.91$; $p_{\text{hauteurs}}=0.81$). Il est à noter que des spécimens ont été capturés à 68 cm de hauteur alors qu'il n'y avait pas de végétation en contact avec les plaques qui ont permis cette capture.

Figure 2 : Captures cumulées de tychius adultes en fonction de l'année, de la modalité et de la hauteur de plaque (G1 à G6 = formulations attractives ; T = témoin)
(Tychius trap summed according to year, modality and height)



Plaques engluées colorées verticales à hauteur de végétation

Le premier essai correspondant aux plaques jaunes à hauteur de végétation avec des attractifs de type fleurs n'a pas montré de résultats probants. En effet, seulement 0.3 ± 0.5 tychius ont été capturés en moyenne par plaque au cours de l'essai. Il n'y a, en outre, aucune différence entre les différentes modalités testées (Kruskal-Wallis ; $p=0.42$).

Le second essai correspondant aux plaques bleues à hauteur de végétation avec des attractifs de type gousses n'a pas été plus probant car, pour celui-ci, aucun tychius n'a été capturé sur les plaques.

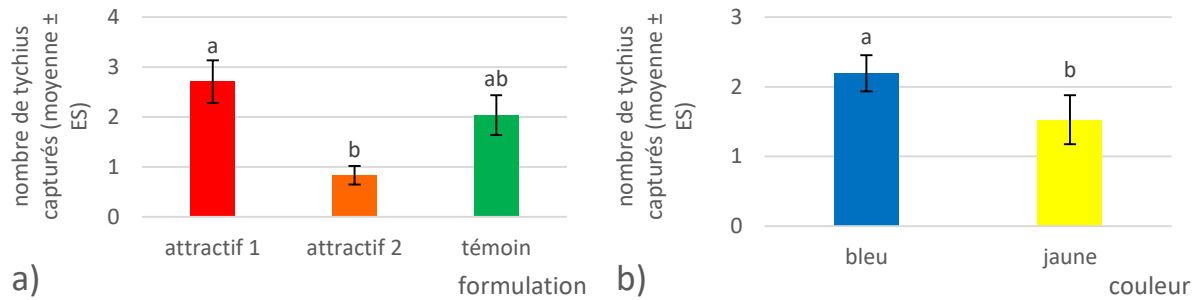
Plaques engluées colorées horizontales au sol

L'essai avec des plaques de différentes couleurs au sol et avec différentes formulations de type gousses a montré des résultats plus intéressants.

Un effet bloc est observé (anova ; $p=0.003$), ce qui traduit une hétérogénéité des parcelles de luzerne d'un point de vue expérimental.

En éliminant statistiquement l'effet bloc, on constate qu'il existe un effet significatif de la formulation utilisée (anova ; $p=0.002$), néanmoins les attractifs 1 et 2 ne sont pas différents du témoin, la différence se situant au niveau de la comparaison entre les attractifs, le premier ayant plus capturé que le second (figure 3a). En ce qui concerne la couleur des différentes plaques, le bleu semble être plus attractif que le jaune (figure 3b ; anova ; $p=0.01$).

Figure 3 : Nombre de tychius adultes capturés en fonction de (a) la modalité et (b) la couleur de plaque (Tychius trapped according to (a) modality and (b) color)

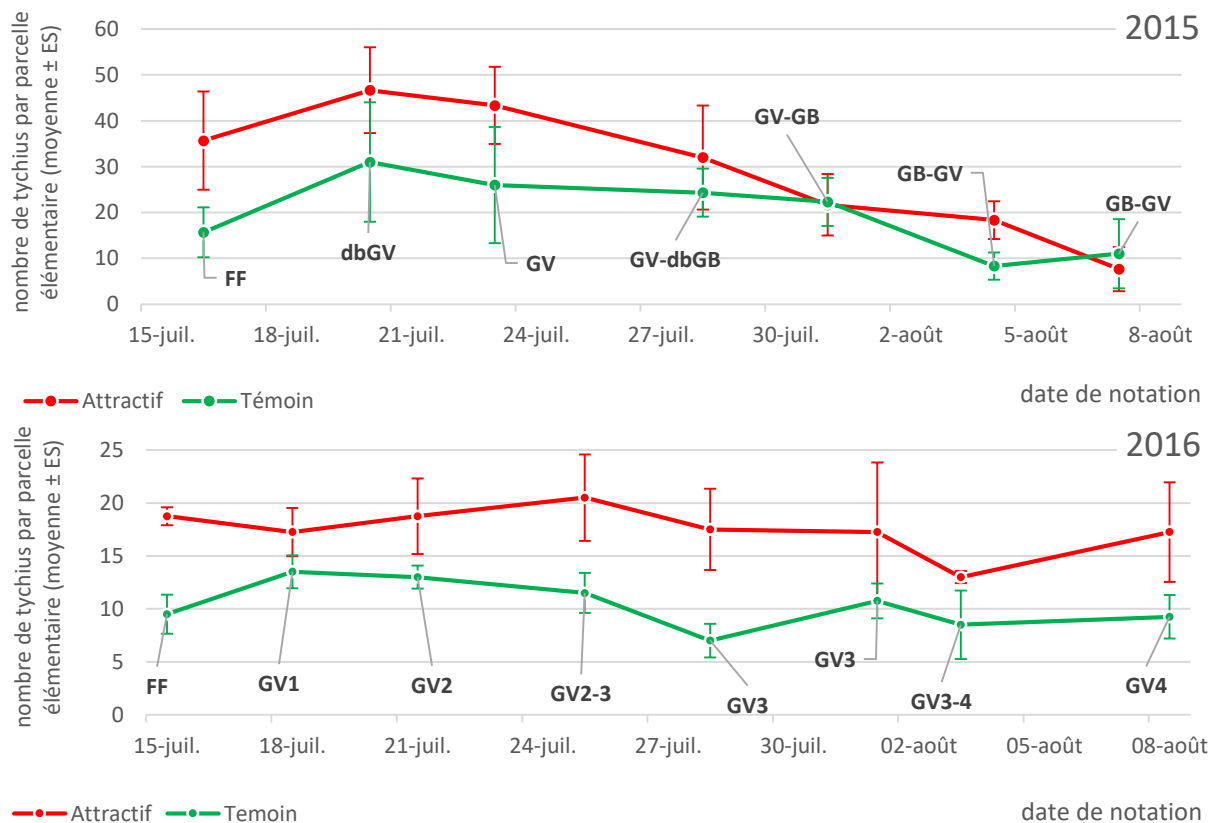


Battage de végétation sur bâches

a. Captures d'adultes

En 2015 et 2016, l'essai de capture de tychius par battage est concluant. En effet, la formulation attractive de type gousse a significativement attiré plus de tychius que le témoin (anova ; $p=0.02$ en 2015 et $p=0.000$ en 2016).

Figure 4 : Nombre moyen de tychius capturés en fonction de la modalité et de la date, années 2015 et 2016 (FF : Fin Floraison ; db : début ; GV : Gousses vertes stade 1 – 2 – 3 ou 4 ; GB : Gousses brunes) (Tychius trapped (mean) according to modality and date, years 2015 and 2016 (FF : flowering end ; db : start ; GV : Green pods stage 1 – 2 – 3 or 4 ; GB : Brown pods))



En 2015, en moyenne, 29.3 ± 5.3 tychius ont été capturés par parcelle élémentaire avec attractifs, contre 19.8 ± 3.2 pour les témoins. En 2016 ce sont 17.5 ± 2.1 tychius pour les attractifs et 10.3 ± 2.3 pour les témoins qui ont été capturés. Les résultats de capture moyens par date de notation sont visibles sur la figure 4.

En 2016, le sexage de l'ensemble des individus capturés ne montre pas de différence significative en termes d'attractivité, en fonction du sexe (anova ; $p=0.55$).

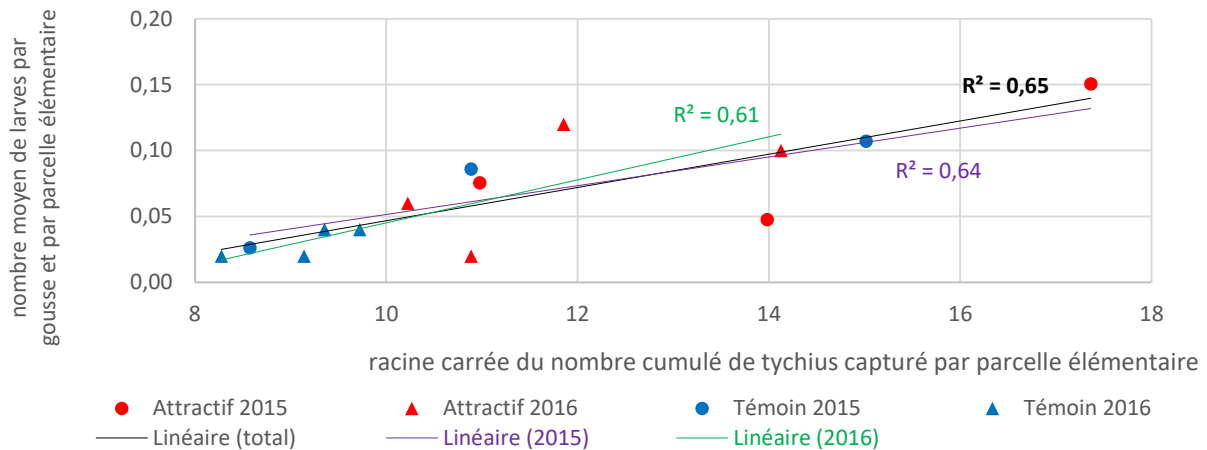
b. Comptages de larves et niveau d'attaque

Les données de captures d'adultes sur les parcelles élémentaires sont comparées aux données de comptages de larves dans les gousses (figure 5).

En 2015 et en 2016, le lien entre ces deux variables est relativement élevé ($r^2_{2015}=0.61$ et $p=0.02$; $r^2_{2016}=0.64$ et $p=0.06$). La mise en commun des deux années donne un résultat intéressant et statistiquement significatif ($r^2=0.65$; $p=0.000$).

Figure 5 : Lien entre le nombre d'adultes capturés sur toute la durée de l'essai (transformation racine carrée) et le nombre moyen de larves par gousse, essais 2015 et 2016 (bleu : témoins ; rouge : attractifs)

(Link between number of adults captured (square root transformation) and mean number of larvae per pod, years 2015 and 2016 (blue : control ; red : attractive))



En définitive, plus on a capturé de tychius sur une parcelle élémentaire, plus on a retrouvé de larves dans les gousses observées sur cette même parcelle.

Nous avons néanmoins émis l'hypothèse qu'en connaissant les populations d'individus femelles capturées nous pourrions établir un lien plus précis avec le nombre de larves observées, car ce sont les femelles qui pondent dans les gousses. Pour les huit placettes échantillonnées en 2016, le lien entre ces deux variables est faible ($r^2=0.35$) ce qui ne confirme donc pas notre hypothèse.

c. Rendement des placettes

Quelle que soit l'année, il n'y a pas de différence statistique en termes de rendement grainier entre la modalité témoin et la modalité avec attractifs (tests t-Student ; $p=0.93$ en 2015 et $p=0.87$ en 2016). En 2015, les rendements moyens pour 100 inflorescences sont de $11.2 \pm 0.4g$ dans la modalité avec attractifs et de $11.1 \pm 1.1g$ dans la modalité témoin. En 2016, on observe respectivement des résultats de $18.2 \pm 0.9g$ et $17.9 \pm 1.1g$.

DISCUSSION

EFFICACITE DES TECHNIQUES DE PIEGEAGE ET D'ATTRACTIVITE DES KAIROMONES

Le piège de type pitfall trap ne semble pas adapté à la capture des tychius adultes. Il n'est ainsi pas possible de conclure quant à l'attractivité des deux formulations *via* ce dispositif. Son emploi est donc abandonné pour la capture de ce ravageur.

Comme pour le pitfall trap, vu le très faible nombre de captures sur plaques engluées verticales transparentes à deux hauteurs de piégeage, il est impossible de conclure quant à l'efficacité d'attractivité des kairomones testées.

C'est également le cas dans l'essai avec les plaques engluées colorées verticales à hauteur de végétation. Comme précédemment, les très faibles nombres de captures pour cet essai ne permettent pas d'évaluer l'efficacité d'attractivité des kairomones et des couleurs. Il apparaît une nouvelle fois que les plaques engluées à hauteur de végétation et positionnées verticalement ne sont pas adaptées pour piéger des tychius. Cette méthode de capture est donc définitivement abandonnée. Néanmoins, ce dispositif nous renseigne sur le fait que, même si les captures ont été faibles dans les différents essais, certains tychius piégés ont probablement volé jusqu'au piège, ce qui est une information importante.

L'essai avec plaques engluées est plus concluant en positionnant les plaques horizontalement et au sol. En effet, plus de captures sont observées. Les tychius étant susceptibles de tomber très facilement des tiges sur lesquelles ils sont, ce dispositif semblent plus adapté. Néanmoins, cela pourrait aussi expliquer les résultats obtenus, à savoir qu'il n'a pas été observé de différence d'attractivité entre les kairomones et le témoin. Les insectes tomberaient alors sur les plaques sans qu'ils ne soient véritablement attirés par les substances testées. Un problème d'hétérogénéité des populations dans la parcelle pourrait aussi expliquer l'effet bloc que nous avons observé.

Cette hypothèse étant, nous avons néanmoins observé plus de captures sur les plaques bleues que sur les jaunes, la couleur pourrait donc être un facteur important pour l'attractivité. Cet élément se retrouve dans la bibliographie, notamment dans le cas du charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, où la couleur des pièges est un facteur supplémentaire d'attractivité (Al-Saoud *et al.*, 2010 ; Abuagla et Al-Deeb, 2012).

Le fait que les tychius tombent très facilement au sol est corroboré par les résultats de l'essai de battage de végétation sur les bâches placées dans l'inter-rang. En 2015 et 2016, cette technique est la plus efficace pour piéger ce ravageur, comme avancé par Naïbo en 1972.

Nous avons vu dans ces deux années d'essai que l'attractif utilisé avait permis de capturer plus de tychius par rapport au témoin. Cependant, bien que statistiquement significative, l'attractivité ne semble pour l'instant pas suffisante pour le développement d'un produit de biocontrôle basé sur cette kairomone. En effet, les travaux conduits par l'INRA de Versailles sur le modèle bruche de la fève montrent une attractivité jusqu'à 60 fois supérieure de la formulation vis-à-vis d'un témoin, en termes de captures (Leppik *et al.*, 2014). L'attractif que nous avons semble donc encore nettement perfectible. En outre, l'hypothèse de base de l'utilisation d'une kairomone simulant une odeur de gousse au stade 2 (d'après le barème de Naïbo, c'est-à-dire début de spiralisation des gousses) est que cette dernière est la plus attractive pour les femelles en période de ponte. En effet, c'est le stade préférentiel pour déposer les œufs dans les gousses. Le sexage des individus capturés sur l'essai de 2016 devrait donc montrer un sex-ratio en faveur des femelles, ce qui n'a pas été le cas et conforte donc l'idée que l'attractivité de la kairomone n'est pas encore au niveau espéré.

Ce dernier essai nous renseigne finalement sur le fait que la technique de battage de végétation reste la méthode la plus efficace pour capturer les tychius et que la kairomone actuellement disponible n'est pas encore assez attractive malgré des résultats intéressants.

En 2016, sur cette parcelle d'essai de battage de végétation, nous avons également placé, en complément et sans protocole défini, un piège entonnoir à ailette habituellement utilisé pour capturer

des punaises mirides, notamment du genre *Lygus*. Nous avons en effet noté dans la littérature le cas du ver du framboisier (*Byturus tomentosus* Lindeman, Coléoptère), dont la biologie est très proche de celle du tychius. En effet, l'adulte pond ses œufs dans le réceptacle floral que la larve dévore ensuite lors de son développement, avant de se laisser tomber au sol pour se nymphoser. Pour ce ravageur, une lutte combinant un attractif kairomone et phéromone dans un piège vert à ailettes blanches semble efficace (Baroffio *et al.*, 2015). Nous avons donc testé ce type de piège (mais sans couleur particulière pour les ailettes) en plaçant une kairomone gousse dans la logette de diffusion des substances, mais aussi en mélangeant la kairomone dans le bac de liquide du piège capturant les insectes. Cette tentative n'a pas été concluante, seulement deux *T. aureolus* ayant été capturés en 4 semaines de mise place. Néanmoins, le stade gousse (simulé par la kairomone utilisée) n'est peut-être pas le plus optimal en termes de stratégie. Il faudrait en effet peut-être mieux utiliser une kairomone de fleur et en plaçant le piège un peu plus tôt. A ce stade-là, les tychius seraient potentiellement plus à même de voler jusqu'au piège, ce qui n'est probablement plus le cas par la suite. Le frein majeur à l'utilisation de ce piège semble donc être la faible capacité de vol de *T. aureolus*, ce qui corrobore une nouvelle fois l'inefficacité de piégeage de la technique par plaques engluées verticales.

LIEN ENTRE ATTRACTIVITE ET INFESTATION LARVAIRE DES GOUSSES

En 2015 et 2016, un lien est observé entre le nombre de tychius adultes capturés sur les placettes de battage de végétation et le nombre moyen de larves par gousse, ce qui semble donc confirmer qu'augmenter la population imaginaire sur une zone (principe de l'attractif) induit un nombre plus élevé de larves. Il y aurait donc plus de pontes sur cette zone, ce qui validerait la stratégie de lutte envisagée, à savoir sacrifier une zone de la parcelle en concentrant la population de ravageur.

Cependant, l'hypothèse selon laquelle l'augmentation du nombre de femelles sur une zone donnée, au stade où ces dernières sont censées pondre, augmenterait le nombre de larves observées au final dans les gousses n'est pas validée. Comme expliqué précédemment, à l'inverse de ce qui était attendu, nous n'avons pas capturé plus de femelles que de mâles sur les placettes d'essai.

Enfin, pour les deux années d'essai, les résultats obtenus sur la récolte manuelle d'inflorescences ne montrent pas de différence entre la modalité avec et sans attractif, ce qui met en évidence que la stratégie de lutte envisagée n'est pas encore possible. Une nouvelle fois, l'attractivité insuffisante de la kairomone mais aussi le nombre peut-être trop faible d'inflorescences échantillonnées pourraient expliquer ce résultat.

CONCLUSION

Les essais de 2015 et 2016 ont montré que la technique de battage de végétation est la plus efficace pour échantillonner le tychius en parcelle. Néanmoins, bien que les résultats soient statistiquement significatifs, la kairomone la plus aboutie fournie par l'INRA n'est pour l'heure pas assez attractive pour être prochainement opérationnelle au champ. La récolte manuelle des inflorescences n'a, par conséquent, pas livré de résultat appuyant la stratégie de lutte envisagée. Néanmoins une relation entre le nombre de tychius attirés sur une zone et le nombre de larves observées dans les gousses laisse supposer que la piste sémi-chimique peut-être pertinente.

Les autres techniques utilisées ont montré que les plaques engluées disposées verticalement sont totalement inefficaces pour la capture. Il semble qu'une stratégie de lutte efficace contre le tychius ne devrait probablement pas être basée sur un piège nécessitant le vol de ce dernier. Il faudrait alors s'orienter vers un piège adapté aux insectes rampants, ce que nous avons pourtant fait les années précédentes et en 2015 avec le piège utilisé contre le cléone mendiant, mais sans succès.

Un travail bibliographique recensant les techniques utilisées pour lutter contre des coléoptères à la biologie très proche du tychius est donc de nouveau à conduire. L'importance d'identifier et utiliser un piège bien adapté au cycle et à la biologie de *T. aureolus* est primordiale, et ce constat est généralisable à l'ensemble des insectes ravageurs de culture pour lesquels l'emploi de produits de biocontrôle est envisagé.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les agriculteurs ayant accepté de mettre à disposition leurs parcelles pour les essais, ainsi que les collaborateurs de la FNAMS et l'INRA ayant participé aux diverses expérimentations mises en œuvre.

BIBLIOGRAPHIE

Abuagla A.M., Al-Deeb M.A., 2012 - Effect of bait quantity and trap color on the trapping efficacy of the pheromone trap for the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Journal of Insect Science*, 12, 120, 6p.

Al-Saoud A.H., Al-Deeb M.A., Murchie A.K., 2010 - Effect of Color on the Trapping Effectiveness of Red Palm Weevil Pheromone Traps. *Journal of Entomology*, 7, 54-59.

Baroffio C.A., Borg-Karlsson A.K., Cross J., Fountain M., Guibert V., Hall D., Ralle B., Richoz P., Rogivue A., Sigsgaard L., Trandem N., Wibe A., 2015 - Comment attirer deux ravageurs des framboises dans un même piège ? *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 47(3), 152-158.

Bernard J.L., 2014 - Innovations, méthodes alternatives et complémentaires : quelles pistes dans un avenir proche pour protéger les cultures des ravageurs ? *Académie d'Agriculture de France – Séance du 9 avril 2014*. 16p.

Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A., 2007 - The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management. *Annual Review of Entomology*, 52, 375-400.

D'Aguilar J., Perrier D., 1973 - Morphologie et biologie comparées de deux espèces de *Tychius* (Col. Curculionidae) dans les luzernières du Lauragais. *Annales de Zoologie, Ecologie Animale*, 5(4), 483-489.

Leppik E., Pinier C., Frérot B., 2014 - Paysage chimique d'une agrobiocénose : un exemple la fèverole et son ravageur spécialiste *Bruchus rufimanus*. *AFPP – Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier – 22 et 23 octobre 2014*. 10p.

Mériaux B., 2011 - Vers une gestion intégrée du *Tychius* de la luzerne. *Bulletin Semences*, 220, 27-29.

Naïbo B., 1972 - Étude du cycle biologique et du fonctionnement des appareils reproducteurs de *Tychius aureolus* Kiesw - Coléoptère Curculionide infestant la luzerne porte-graines *Medicago sativa* L. *Thèse de 3e cycle - Université Paul Sabatier*. 109p.