

**LA CONFUSION SEXUELLE PEUT-ELLE PERMETTRE  
D'ABAISSE LES POPULATIONS DE TAUPINS (*AGRIOTES SORDIDUS*) ?**

P. LARROUDÉ <sup>(1)</sup>, J.-B. THIBORD <sup>(1)</sup>, P. DURAND <sup>(2)</sup>, O. GUERRET <sup>(2)</sup>, J. SALUDAS <sup>(3)</sup>

(1) ARVALIS - Institut du végétal, 21 chemin de Pau, 64121 MONTARDON – France – [p.larroude@arvalis.fr](mailto:p.larroude@arvalis.fr)

(2) M2i Développement, Bâtiment CHEMSTART UP Pôle 2, 2 Allée Le Corbusier, 64170 LACQ – France

(3) Groupe coopératif EURALIS, Avenue Gaston Phœbus, 64231 LESCAR – France

**RÉSUMÉ**

De premiers travaux visant à évaluer l'effet de la confusion sexuelle sur taupins (*Agriotes sordidus*) ont permis de confirmer l'effet de l'apport d'une grande quantité de phéromone sexuelle sur le comportement des adultes. Les expérimentations ont été poursuivies plusieurs années dans le but d'étudier les conséquences de l'application de phéromone sexuelle au champ sur la dispersion des adultes dans l'espace et sur l'évolution de l'abondance de population dans le temps.

Les résultats acquis au cours de ces travaux permettent de préciser les conditions de mise en œuvre de la confusion sexuelle pour rechercher l'abaissement des populations de taupins.

**Mots-clés :** Confusion sexuelle, taupins, phéromone sexuelle.

**ABSTRACT**

**CAN MATING DISRUPTION ALLOW TO LOWER WIREWORMS (*AGRIOTES SORDIDUS*)?**

First studies to assess the effect of mating disruption on click beetle (*Agriotes sordidus*) has confirmed the effect of the intake of a large amount of sex pheromone on adult behavior. Experiments were continued for several years in order to study the consequences of the application of sex pheromone in the field on the dispersion of adults in the space field and on the evolution of the population abundance over time.

The results acquired during this work make it possible to specify the conditions for implementing mating disruption in order to reduce wireworm populations.

**Keywords:** Mating disruption, click beetles, wireworms, sex pheromone.

## INTRODUCTION

Les taupins sont des Coléoptères de la famille des Elatérides comportant une multitude d'espèces dont certaines provoquent sur les plantes cultivées des pertes de rendement (maïs) ou de qualité des produits (pommes de terre et cultures légumières). Les principaux dégâts observés sont l'œuvre de quatre espèces du genre *Agriotes* ; *Agriotes lineatus* (Linné, 1767), *Agriotes sputator* (Linné, 1758), *Agriotes obscurus* (Linné, 1758) et *Agriotes sordidus* (Illiger, 1807).

Une recrudescence des dégâts de taupins est constatée depuis le milieu des années 2000. L'augmentation de ces attaques aux cultures peut en partie être expliquée par i) l'évolution réglementaire des stratégies de lutte insecticides visant à protéger les plantes cultivées plutôt que de contenir les populations de ravageurs (perte de familles chimiques entières et modification de l'utilisation des produits disponibles) et ii) l'évolution des pratiques culturales - diminution des surfaces labourées, présence obligatoire de couverts végétaux durant l'interculture et implantation de bandes enherbées dans l'environnement de certaines parcelles. Le contexte actuel pousse à la recherche de solutions alternatives pour assurer une protection efficace des cultures.

Dans ce cadre, la découverte (Toth, 2002) et le développement de formulations de synthèse de phéromones sexuelles a ouvert de nouvelles perspectives en matière de lutte contre ce ravageur. Beaucoup travaillées (monitoring, prévision du risque, piégeage de masse, ...) depuis une vingtaine d'années avec des résultats plus ou moins satisfaisants, elles n'ont jamais été évaluées dans le cadre de la confusion sexuelle chez les taupins, technique qui a fait ses preuves chez d'autres insectes, les lépidoptères. Cette technique a été très peu étudiée chez les Elatérides, une seule référence confirme son intérêt sur *Melanotus okinawensis*. Arakaki et al. (2008b) ont montré une réduction des populations de *M. okinawensis* après utilisation de la confusion sexuelle pendant sept années consécutives.

Cette technique consiste à diffuser de grandes quantités de phéromones sexuelles afin de saturer l'environnement et d'éviter la rencontre et l'accouplement des individus mâles et femelles.

Des premiers résultats acquis par Larroudé et al. (2017) sur *Agriotes sordidus* montrent que l'apport d'une quantité importante de phéromone sexuelle dans l'environnement perturbe le comportement des adultes qui peinent à retrouver le piège attractif central.

Cet article a pour objectif de valider ces premiers résultats et de mettre en évidence annuellement l'intérêt de la confusion sexuelle sur les taux de femelles fécondées ou de façon pluriannuelle sur la diminution du stock larvaire chez l'espèce *Agriotes sordidus*, une des espèces majoritaires sur le territoire français (Larroudé et al., 2015) et exclusive dans certaines zones du sud-ouest de la France.

## MATERIELS ET METHODES

### EVALUATION DE L'INCIDENCE DE LA CONFUSION SEXUELLE SUR L'ACTIVITE ET LA DISPERSION DES ADULTES

L'évaluation de la confusion sexuelle au champ s'est appuyée sur les méthodes de référence CEB n° MG09 et OEPP 264 proposées pour lutter contre les lépidoptères, adaptées aux spécificités biologiques des taupins.

Deux modalités (Témoin – T, Confusion Sexuelle - CS) sont comparées selon un dispositif en blocs à 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire de 900 m<sup>2</sup>, dénommée zone centrale (37 rangs de maïs espacés de 0.8 m x 30 m de longueur) étaient positionnées à 30 mètres minimum de la bordure de la parcelle et éloignées les unes des autres de 150 mètres pour éviter toute pollution des zones CS sur les zones témoin. Sur chaque parcelle élémentaire, un dispositif de piégeage comprenait au centre un piège « Pitfall » muni de l'attractif formulé par Natural Plant Protection – NPP - (80 mg de géranyl-hexanoate spécifique à l'espèce *Agriotes sordidus*) et neuf pièges passifs (pots Barber) répartis de

façon homogène sur la surface de la parcelle. La confusion sexuelle était réalisée à l'aide de gel sur bâtonnets répartis de manière homogène à raison d'un bâtonnet pour 10 m<sup>2</sup> (Larroudé et al., 2017).

Ce dispositif a été complété en 2017 et 2018 par deux à trois couronnes de pièges passifs disposées à respectivement 5, 15 et 25 m du bord extérieur de chaque parcelle élémentaire pour juger de l'effet attractif de la zone confusée sur les individus situés en dehors de cette zone. Le dispositif a été mis en place tardivement en 2017 et répété précocement et sur une période plus longue en 2018 (essai « attractivité »).

#### **AMELIORATION DE LA FORMULATION GRANULES (SUPPORT + PHEROMONE)**

L'objectif était d'obtenir une formulation d'attractif applicable en parcelle de production (en substitution des bâtonnets utilisés à titre expérimental) et avec un temps de diffusion suffisamment élevé. Une première formulation GR2017 a été testée, la phéromone était appliquée en surface des granulés à 5 % (w/w) sur des granulés Futuramat (biopellets composés de matière végétale). En 2018, la formulation a évolué avec l'incorporation de phéromone dans le support, composé de PBSA (polybutylène succinate co-adipate – polyester biodégradable) et de pin maritime, avant granulation à basse température. Des essais ont été menés dans des parcelles élémentaires de 900 m<sup>2</sup> selon le dispositif décrit précédemment. Pour un même apport quantitatif de phéromones, il s'agissait de comparer ces différentes formulations entre elles et avec la formulation GEL 20% sur bâtonnets. Parallèlement, des cinétiques de diffusion de phéromone ont été réalisées en étuve ventilée à 30°C sur les deux lots de granulés, des granulés GR2018 5% ont été prélevés de façon rythmée en surface au champ pour dosage de phéromone restante.

#### **EVALUATION DE L'INCIDENCE DE LA CONFUSION SEXUELLE AU CHAMP SUR LE TAUX DE FEMELLES FECONDEES ET L'ABONDANCE DE POPULATION LARVAIRE**

L'efficacité de la confusion sexuelle au champ est évaluée sur deux critères : le taux de femelles fécondées sur une parcelle dédiée et l'abondance de population larvaire sur trois parcelles (Barzun, Bénéjacq et Ger) suivies pendant trois années. Tous les sites de suivis sont localisés dans un rayon de 20 km dans le sud de l'Aquitaine.

Chacune des trois parcelles destinées au suivi d'abondance était scindée en deux parties identifiées pour les trois années de suivi. Une zone d'une surface de 2 à 4 hectares en fonction de la taille de la parcelle était destinée à l'épandage de granulés chargés en phéromone (GR2017 5% en 2017 puis GR2018 5% en 2018) – zone CS. Le reste de la parcelle était considéré comme une zone Témoin. Les épandages de granulés ont été réalisés à différentes dates, un seul épandage en 2017, le 27/04, deux épandages en 2018 (E1 : 27/04-10/05 ; E2 : 25 et 29/06) avec une centrifugeuse de marque DeLimbe montée sur quad. Ce matériel permet d'épandre des granulés sur une largeur de 20 mètres (25 rangs espacés de 0.8 m). Pour obtenir une répartition homogène, l'application est effectuée en deux passages croisés de 10 mètres d'espacement. Pour juger de la qualité de répartition des granulés sur le sol, 12 comptages de granulés (quadra de 0.25 m<sup>2</sup> lancé au hasard) montrent une densité de 10 à 12 granulés par m<sup>2</sup>, ce résultat est homogène au fil des ans.

## **Taux de femelles fécondées**

Le taux de femelles fécondées pouvant être déterminé annuellement, ce critère a permis d'obtenir des résultats précoces et d'ajuster la méthodologie de mise en place (date, rythme d'épandage et de capture d'adultes) pour atteindre les objectifs d'abaissement de population larvaire.

Une parcelle de 17 hectares située à Poey de Lescar (64) a été dédiée à cette évaluation.

Après application de la confusion, pour chaque date de captures (rythme hebdomadaire) et chaque modalité (T – CS), l'objectif était de collecter au champ 30 à 40 adultes (tous sexes confondus). Les captures et l'élevage sont réalisés individu par individu. Au rythme d'une fois par semaine, un suivi de ponte et de présence de larves est effectué pour l'ensemble des individus du lot. Après 45 jours d'observations, les adultes capturés sont sexés pour déterminer le taux de femelles fécondées.

## **Abondance de larves**

L'objectif final de cette étude est de valider l'efficacité de la stratégie de la confusion sexuelle au champ sur plusieurs années visant l'abaissement sur le long terme du stock de larves dans le sol.

Annuellement entre les stades 8 et 12 feuilles du maïs (deuxième quinzaine de juin), dans des conditions climatiques clémentes, 16 tris de sol par modalité sont réalisés aux mêmes endroits sur la parcelle. Ces cubes de terre de 20 cm de côté placés sur le rang de maïs sont extraits et positionnés sur une bêche noire pour comptage et conservation des larves présentes. Le taux de plantes attaquées est également déterminé sur 6 à 8 placettes de 10 mètres linéaires à proximité de ces tris de sol.

## Indicateurs et Analyses statistiques

L'analyse de l'activité des adultes de taupins est évaluée par le nombre de taupins adultes piégés dans le piège attractif NPP et le nombre de taupins adultes capturés dans les pièges passifs.

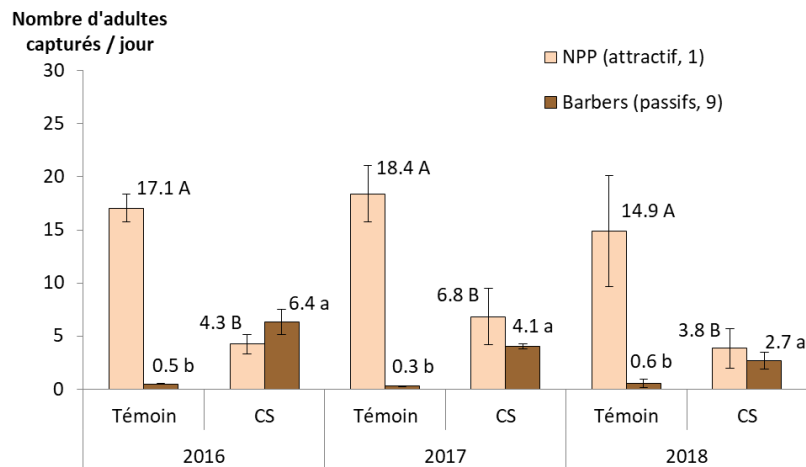
La confusion sexuelle est évaluée par l'abondance moyenne de larves par tri de sol et la fréquence moyenne de plantes attaquées. Tous ces critères ont été analysés par analyse de la variance et comparaison de moyennes (test de Newman & Keuls). Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil  $p < 0.05$ .

## **RESULTATS**

### **EVALUATION DE L'ACTIVITE ET DE LA DISPERSION DES ADULTES PAR LA CONFUSION SEXUELLE AU CHAMP**

Le nombre de taupins adultes capturés dans les pièges attractif NPP dans les zones Témoin est significativement supérieur à celui mesuré dans les zones CS, quelle que soit l'année de suivi (figure 1). Par jour et par piège, ces piégeages varient de 14.9 à 18.4 individus pour le témoin et de 3.8 à 6.8 individus pour la modalité CS. Les piégeages passifs réalisés par les 9 pots Barbers montrent des niveaux significativement plus faibles dans les zones témoins avec moins de 1 individu en moyenne contre 2.7 à 6.4 individus par jour selon les années dans les zones CS.

Figure 1 : Effectif d'adultes capturés par type de piège et par jour  
(Number of adults caught by type of trap and day)



Les résultats (tableau 1) de l'essai « attractivité » acquis sur une période tardive de piégeage en 2017 (22/05-20/06) montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif de la phéromone épanchée en grande quantité dans la zone centrale sur l'activité des individus situés à l'extérieur de cette zone. Ce résultat est observé dès la première couronne à une distance de 5 mètres du bord de la zone centrale. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette zone, les niveaux de piégeage baissent et tendent vers l'équivalence entre les deux modalités testées. Ces résultats sont confirmés et validés en 2018 sur une période de piégeage plus précoce et plus longue (02/05-04/07). L'effet significatif mesuré sur les pièges passifs en faveur de la modalité CS dans la zone centrale (2.40 vs 0.48 individus/piège) n'apparaît plus dès la première couronne (5 m) et se confirme avec l'éloignement de cette zone.

Tableau I – Effectif d'adultes capturés dans les pièges passifs (moyenne des individus piégés dans le pot Barber sur la période de piégeage) – (Number of adults caught in passive traps)

|               | 2017 (4 semaines : 22/05 – 20/06) |                    |                 | 2018 (7 semaines : 02/05 – 04/07) |                    |                 |
|---------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|
|               | Témoin                            | Confusion Sexuelle | Proba. s.H0 (1) | Témoin                            | Confusion Sexuelle | Proba. s.H0 (1) |
|               |                                   |                    |                 |                                   |                    |                 |
| Zone centrale | 0.10                              | 1.41               | $p=0.16$        | 0.48 b                            | 2.40 a             | *               |
| Couronne 1    | 0.18                              | 0.50               | NS              | 0.17                              | 0.32               | $p=0.07$        |
| Couronne 2    | 0.20                              | 0.32               | NS              | 0.20                              | 0.25               | $p=0.07$        |
| Couronne 3    | -                                 | -                  | -               | 0.22                              | 0.21               | NS              |

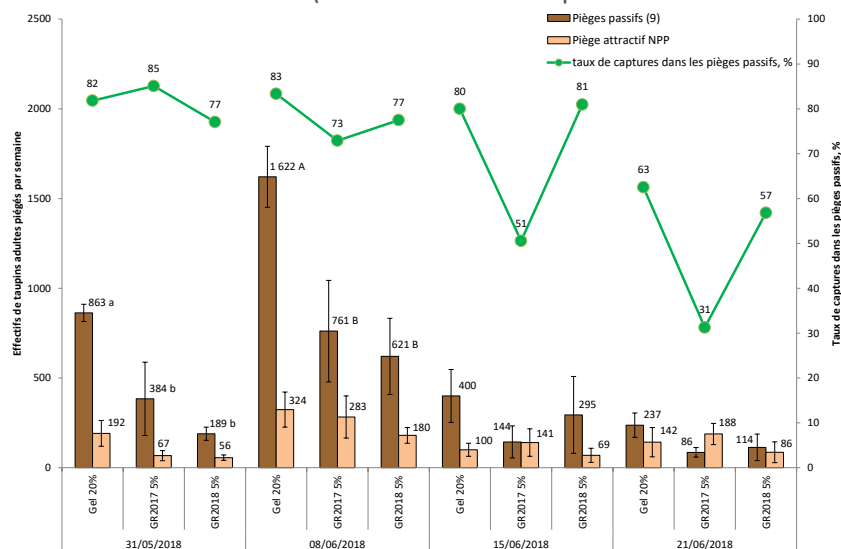
(1) Probabilité sous H0, Analyse de variance 1 date = 1 répétition : NS pour  $p > 0.20$ ; \* pour  $0.05 < p < 0.01$  = différence significative; \*\* pour  $p < 0.01$  = différence hautement significative.

## AMELIORATION DE LA FORMULATION GRANULES (SUPPORT + ATTRACTIF)

Dans cet essai (parcelle à historique de dégâts très élevés), les niveaux de population capturés sont beaucoup plus élevés que lors des précédents essais, les résultats obtenus (figure 2) confirment une modification du comportement des taupins adultes sur l'ensemble des modalités testées. Les niveaux de piégeages dans les pièges passifs sont supérieurs à ceux mesurés dans le piège attractif. La cinétique de piégeage n'est cependant pas identique entre formulations.

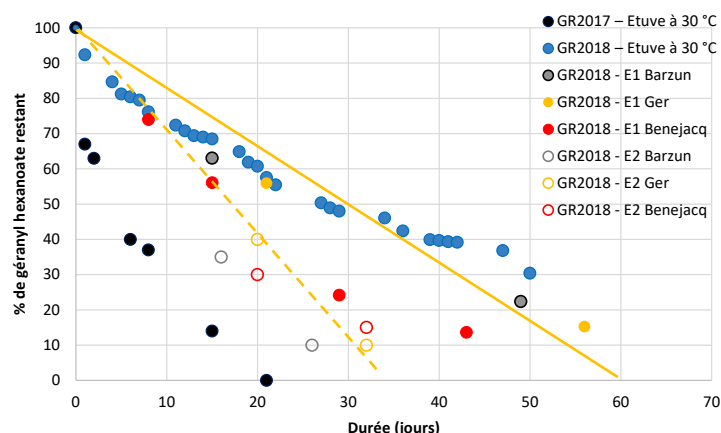
La modalité GR2017 5% diffuse plus précocement que la modalité GR2018 5%. En revanche au fil du temps, cette dernière semble plus persistante. Après trois semaines de confusion, il est mesuré 81% d'individus capturés par le piégeage passif vs 51% pour la formulation GR2017 5%. Pour la dernière observation, le piégeage décroît mais l'écart entre les deux formulations est maintenu avec un piégeage attractif supérieur dans le cas de la formulation GR2017 5% (seulement 31% des individus piégés dans les pièges passifs vs 57% pour la formulation GR2018 5%), indicateur d'un taux de phéromone réduit dans ces granulés. La dynamique de piégeage pour la formulation GEL20 % est proche de celle de la formulation GR2018 5% mais avec des niveaux de captures significativement plus élevés lors des deux premières dates d'observation.

Figure 2 : Captures hebdomadaires de taupins adultes dans les pièges passifs (Barbers) et attractifs (NPP) pour les différentes formulations – (Number of adults captured in attractive and passive traps)



Ces résultats sont à mettre en parallèle à des mesures de cinétique de diffusion au laboratoire (figure 3) en étuve ventilée à 30°C constants. Trois semaines après mise en place de l'étude, il ne reste pas de phéromone sur la formulation GR2017 5% alors que seulement 40% de la phéromone contenue dans la formulation GR2018 5% a été diffusée. Au champ, la formulation GR2018 5% affiche pour le premier épandage (E1) une pente équivalente à celle mesurée en conditions de laboratoire malgré des conditions climatiques différentes (15.2°C  $\pm$  3.7), avec une diffusion complète 60 jours après application. Lors du deuxième épandage (E2), la pente est beaucoup plus forte en situation de température moyenne de l'air supérieure (20.9°C  $\pm$  1.7), la diffusion complète étant obtenue après seulement 30 jours.

Figure 3 : Cinétiques de diffusion de la phéromone en laboratoire ou au champ (2 épandages).  
(Pheromone diffusion kinetics in the laboratory or in the field - 2 applications)



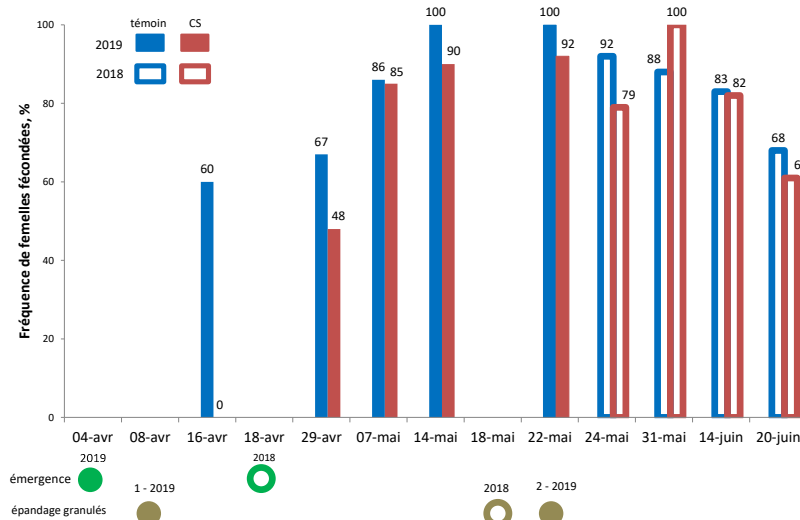
#### EVALUATION DE LA CONFUSION SEXUELLE AU CHAMP : TAUX DE FEMELLES FECONDEES, POPULATION LARVAIRE

##### Taux de femelles fécondées

Les différentes méthodologies de capture d'adultes montrent que des captures réalisées à l'entrée de la nuit obtiennent un sex-ratio équilibré avec 40 à 50% de femelles. Les effectifs capturés sont suffisants pour obtenir 15 à 25 femelles selon les dates de captures.

Les taux de femelles fécondées obtenus en 2018 et 2019 (figure 4), sont différents. En 2018, l'épandage des granulés a eu lieu après semis de maïs le 18 mai soit un mois après l'émergence des premiers adultes. Il n'y a aucune différence marquée sur la fréquence de femelles fécondées, quelle que soit la date, entre Témoin et CS. Les niveaux sont élevés dès la première date avec respectivement 92 et 79% des femelles capturées qui étaient fécondées, par la suite les niveaux restent similaires entre modalités. En 2019, les conditions de mise en place ont été beaucoup plus précoces avec un semis de maïs au 28 mars. L'émergence des premiers adultes est observée le 4 avril, deux épandages de granulés ont eu lieu, le 08 avril puis le 22 mai. Dans ces conditions, les résultats sont bien meilleurs. Dès la première date de captures, 60% des femelles capturées sur le témoin étaient fécondées, aucune dans la modalité CS. L'épandage précoce des granulés conduit à une réduction significative du taux de femelles fécondées sur les deux premiers lots, l'écart important observé sur le premier lot doit cependant être pris avec précaution car les effectifs capturés étaient faibles (10 femelles pour le témoin et 2 femelles pour la CS). Sur le deuxième lot, l'écart est moins important mais reste favorable à la modalité CS avec 48% de femelles fécondées contre 67% pour le témoin. Par la suite, le taux de femelles fécondées augmente régulièrement jusqu'au 22 mai et les écarts entre modalités se resserrent.

Figure 4 : Taux de femelles fécondées en 2018 et 2019  
(Rate of fertilized females in 2018 and 2019).



### Abondance de larves

Les mesures initiales d'abondance (réalisées en 2017, année de la mise en place de la confusion sexuelle sur les trois parcelles) montrent quelques écarts entre parcelles (1 à 2 larves par tri de sol-TS) mais il n'y a pas de différences significatives entre zones destinées à accueillir les modalités à tester. Après deux années de confusion sexuelle (figure 6), dans les zones Témoins, sur les sites de Barzun et Bénéjacq, l'abondance augmente de façon significative entre 2017 et 2019 avec respectivement 1.1 et 0.9 larves/TS en 2017 contre 2.8 et 2.1 en 2019. Pour le site de Ger, il est observé une légère augmentation mais non significative (2.1 vs 2.6 larves/TS). Sur la modalité CS, il n'est pas observé d'évolution de l'abondance entre 2017 et 2019 sur les sites de Barzun et Ger, en revanche une augmentation significative est mise en évidence sur le site de Bénéjacq (0.9 à 3.1 larves/TS). Annuellement, seuls les résultats de Barzun en 2019 sont significatifs avec une population plus faible dans la modalité CS (1.3 vs 2.8 larves/TS pour le témoin).

Il n'y a pas de cohérence entre abondance et fréquence de plantes attaquées (figure 6). Pour des abondances équivalentes entre 2017 et 2018, les dégâts sont différents et peuvent varier du simple au triple selon les situations.

Figure 5 Abondance de larves  
(Abundance of wireworms)

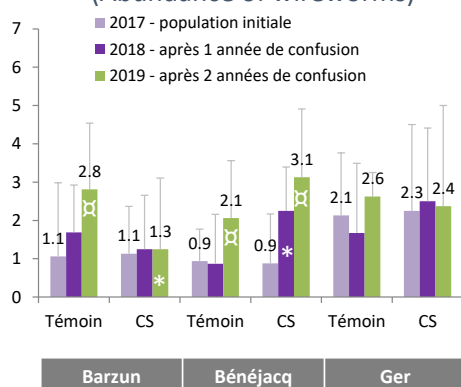
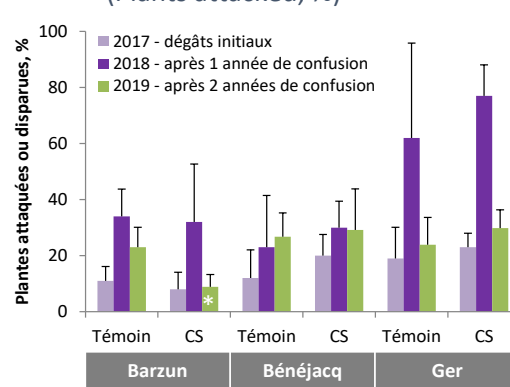


Figure 6 Taux de plantes attaquées  
(Plants attacked, %)



(\*) Différence significative ( $p < 0.05$ ) d'abondance entre la modalité CS et la modalité Témoins pour l'année et le site considérés. (x) Différence significative ( $p < 0.05$ ) d'abondance entre 2017 et 2019 pour la modalité et le site considérés



## DISCUSSION

L'utilisation d'une grande quantité de phéromone dans l'environnement modifie le comportement des taupins adultes. Ce constat déjà observé par Larroudé et al. (2017) est validé avec la poursuite de cette étude par une activité plus forte des taupins adultes sur le sol dans la zone confusée. En comparaison à une zone sans confusion, les individus peinent à retrouver le piège attractif central comme en témoignent des captures plus faibles dans ce dernier et plus élevées dans les pièges passifs situés autour.

La présence d'une quantité élevée de phéromones dans une parcelle pourrait laisser à penser que les individus situés hors de la parcelle pourraient être attirés par cette phéromone et par conséquent concentrer les populations et augmenter à terme les dégâts. Le dispositif mis en place montre que cette hypothèse n'est pas validée. La phéromone concentrée sur 900 m<sup>2</sup> de la zone centrale n'entraîne pas ou très peu de modifications du comportement des taupins adultes situés à l'extérieur de cette zone. L'effet attractif s'estompe au fur et à mesure que l'on s'en éloigne ; à 25 m au-delà de la bordure de cette zone, l'activité des adultes sur le sol est similaire en présence ou pas de la phéromone dans cette zone. Ces résultats semblent être en accord avec ceux obtenus dans des situations de monitoring (avec des quantités de phéromones beaucoup plus faibles positionnées sur diffuseur et dans un piège) en système de capture-marquage-recapture, par Sufyan et al. (2011). Ils observent qu'au-delà de 20 mètres de la source de phéromone seuls 25% des individus *Agriotes lineatus* et *Agriotes obscurus* sont à nouveau capturés. Ce résultat est conforté par Blackshaw et al. (2017) qui observent qu'au-delà de 10 m l'attractivité d'*Agriotes obscurus* décroît de manière significative même si les individus sont positionnés sous le vent.

Le concept de confusion sexuelle ne peut potentiellement fonctionner qu'à condition d'avoir défini une formulation suffisamment persistante applicable au champ. Ne connaissant pas la quantité minimale de phéromone pour limiter les accouplements, il est également difficile de définir un seuil minimum de phéromone à maintenir dans l'environnement. L'utilisation de granulés entièrement composés de matière végétale couplée à la phéromone pulvérisée après granulation montre au laboratoire et au champ une diffusion précoce et peu persistante de la phéromone.

L'amélioration de la formulation en mixant, pour le support, de la matière végétale et un composé synthétique couplé à une incorporation de la phéromone avant granulation à basse température conduit à une meilleure efficacité évaluée sur l'activité des adultes. Ces résultats ne sont tout de même pas au niveau de la formulation gel sur bâtonnets ; ce qui peut s'expliquer par le fait que la phéromone ne soit pas en contact direct avec le sol (dégradation moins rapide) et que son positionnement à 10 cm de la surface du sol permette une meilleure diffusion dans l'environnement proche. Des essais complémentaires ont montré la possibilité d'améliorer la formulation de granulés pour augmenter la persistance de diffusion (résultats non montrés). Néanmoins, la diffusion de médiateurs chimiques et notamment les phéromones sexuelles est souvent tributaire des conditions climatiques et surtout de la température et peut donc être limitée dans certaines situations. Au cours de cette étude des mesures en conditions de laboratoire font apparaître une diffusion plus rapide de la phéromone avec l'élévation de température quelle que soit l'humidité ambiante.

Une formulation persistante ne peut se concevoir qu'avec un positionnement spatio-temporel judicieux pour obtenir des résultats positifs. En 2018, l'épandage tardif (1 mois après l'émergence des premiers adultes) ne donne pas le résultat espéré, à la date d'épandage des granulés environ 35% des individus avaient déjà émergé ce qui signifie qu'ils n'avaient pas été confusés.

En 2019, les épandages beaucoup plus précoces ont permis d'obtenir des résultats plus intéressants, favorables à la modalité CS au cours des deux premières observations. Par la suite, les écarts se resserrent et peuvent s'expliquer par un deuxième épandage beaucoup trop tardif (44 jours après la première application et seulement 36% de phéromone restante dans les granulés), ce qui laisse à penser qu'un rythme d'épandage plus soutenu ou une dose de phéromone plus élevée pourrait

maintenir suffisamment de phéromone dans l'environnement et par conséquent, éviter les accouplements.

Cette étude montre également les manques de connaissances précises des périodes clés pour la mise en œuvre de la confusion sexuelle. Les observations faites dans ce cadre et notamment un taux élevé de femelles fécondées pour des captures très précoces (10-12 jours après les premières émergences significatives), nous interrogent sur l'état physiologique des taupins adultes au moment de l'émergence. Il semblerait qu'ils soient matures sexuellement ce qui nécessiterait des épandages très précoces, même avant mise en place de la culture de printemps. Dans tous les cas, ces deux derniers points doivent être bien maîtrisés pour espérer mettre en évidence un effet significatif de la confusion sexuelle sur les populations de taupins.

A l'issue de trois années de confusion sexuelle sur les mêmes parcelles, les suivis de population larvaire réalisés sur deux campagnes ne nous permettent pas encore de valider l'efficacité de cette stratégie pour abaisser la population de taupins. Néanmoins, les formulations étaient peu persistantes et les épandages trop tardifs au cours des premières années de l'expérimentation. Le développement pluriannuel de ce ravageur incite néanmoins à poursuivre les travaux pour espérer des résultats positifs. La validation du concept pourrait prendre quelques années supplémentaires comme en témoignent les résultats d'Arakaki et al. (2008b) sur *Melanotus okinawensis* qui a mis en évidence l'efficacité de cette stratégie de lutte au bout de deux cycles biologiques de ce ravageur.

## CONCLUSION

Ces trois années d'étude ne permettent pas encore de valider l'efficacité de la confusion sexuelle des taupins *Agriotes sordidus* au champ mais font progresser sa mise en œuvre pour espérer atteindre l'abaissement de population. Il semble établi que :

- l'apport d'une quantité importante de phéromones dans l'environnement perturbe l'activité des adultes dans la zone concernée et l'incidence est négligeable dès les premiers mètres situés à l'extérieur de cette zone,
- la confusion sexuelle doit être effective dès les premières émergences d'adultes, indépendamment de la mise en place de la culture,
- la dose de phéromone, apportée en une ou plusieurs applications, doit permettre d'avoir une diffusion en quantité suffisante durant une période de 10 à 12 semaines.

Les suivis d'abondance larvaire sur des sites dédiés ne permettent pas encore de juger de l'intérêt technique de la confusion sexuelle sur les taupins, du fait notamment du cycle pluriannuel d'*Agriotes sordidus*, mais les nouvelles connaissances acquises sur la biologie du ravageur ciblé ont permis d'optimiser sa mise en œuvre au cours du projet. Les travaux seront poursuivis dans le but d'évaluer à moyen-terme la pertinence de cette stratégie.

## REMERCIEMENTS

Les résultats de ces travaux ont été acquis dans le cadre du projet Taupin'Up, projet labellisé par le pôle de compétitivité Agri Sud-Ouest Innovation qui regroupe 6 partenaires : M2I (porteur du projet), CANOE, ARVALIS, UPPA/Iprem, Armines-CMA et le groupe coopératif Euralis.

## BIBLIOGRAPHIE

Méthode CEB n° MG09 « Principes généraux d'étude de l'efficacité au champ de spécialités à base de phéromones destinées à lutter contre les lépidoptères ravageurs des cultures pérennes par confusion sexuelle des mâles »

Méthode OEPP 1/264 - Mating disruption pheromones

Arakaki N., Nagayama A., Kobayashi A., Hokama Y., Sadoyama Y., Mogi M., Kishita M., Adaniya K., Ueda, K., Higa M., Shinzato T., Kawamitsu H., Nkama S., Wakamura S., and Yamamura K., 2008b. Mating disruption for control of *Melanotus okinawensis* (Coleoptera: Elateridae) with synthetic sex pheromone. *J.Econ.Entomol.* 101 (5) : 1568-1574

Blackshaw R., van Herk W.G. and Vernon R.S., 2017. Determination of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) sex pheromone attraction range using target male behavioural responses. *Agricultural and Forest Entomology* (2017), DOI: 10.1111/afe.12249

Larroudé P., Thibord J.B., Bonnissol S., 2015. Dossier Taupins : Espèces de taupins : une cartographie est désormais disponible. *Perspectives agricoles* 427 : 46-49.

Larroudé P., Thibord J.B., Montagnon R., Dufour S., Escudier Y., Guerret O., Saludas J., 2017 – Confusion sexuelle : une nouvelle piste pour limiter les populations de taupins *Agriotes sordidus* (Illiger, 1807) ? – AFPP – *Ecologie chimique : Nouvelles contributions à la protection des cultures contre les ravageurs* – Montpellier – 24 octobre 2017.

Sufyan M., Neuheoff D. and Furlan L. 2011. Assessment of the range of attraction of pheromone traps to *Agriotes lineatus* and *Agriotes obscurus*. *Agricultural and Forest Entomology*, 13, 313–319.

Tóth M., Furlan L., Szarukan I., Ujvary I., 2002. Geranyl hexanoate attracting male click beetles *Agriotes rufipalpis* Brulle and *Agriotes sordidus* Illiger (Col. Elateridae). *J Appl Entomol* 126: 312–314.