

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

**CONFUSION SEXUELLE : UNE NOUVELLE PISTE POUR LIMITER
LES POPULATIONS DE TAUPINS *AGRIOTES SORDIDUS* (Illiger, 1807) ?**

P. LARROUDÉ ⁽¹⁾, J.-B. THIBORD ⁽¹⁾, R. MONTAGNON ⁽¹⁾, S. DUFOUR ⁽²⁾, Y. ESCUDIER ⁽²⁾,
O. GUERRET ⁽²⁾, J. SALUDAS ⁽³⁾

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

(2) M2i Développement, Bâtiment CHEMSTART UP Pôle 2, 2 Allée Le Corbusier, 64170 LACQ – France -
Olivier.Guerret@m2i-lifesciences.com

(3) Groupe coopératif EURALIS, Avenue Gaston Phœbus, 64231 LESCAR – France –
julien.saludas@euralis.com

RÉSUMÉ

La confusion sexuelle chez les taupins n'a jamais été évaluée comme technique de lutte. Les premiers essais réalisés sur l'espèce *Agriotes sordidus* montrent qu'une application de phéromones sexuelles à des doses élevées perturbe le comportement des adultes de taupins. L'émission de phéromone en de multiples points de diffusion sur la parcelle désoriente les adultes qui retrouvent moins fréquemment le piège attractif situé au centre de la zone de contrôle, les effectifs capturés sont plus faibles que sur la zone témoin. Les pièges passifs mis en place sur le dispositif ont permis de confirmer une activité plus importante des taupins adultes sur le sol. Quelques interrogations subsistent et devront être levées rapidement pour valider l'efficacité de la confusion sexuelle sur l'abaissement de populations larvaires de taupins.

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

ABSTRACT

MATING DISRUPTION : A NEW LEAD FOR LIMIT WIREWORMS POPULATIONS *AGRIOTES SORDIDUS* (Illiger, 1807) ?

Mating disruption of wireworms has never been evaluated as a control technique. The first trials conducted on *Agriotes sordidus* show that an application of sex pheromone at high level disrupts the behavior on click beetles. The emission of pheromone attractant on several locations on the plot disorients the adults ; they less often find their way back to the attractive trap situated in the center of the treated area ; the number of captures are lower than on the control area. The traps without attractants confirm a more important activity of click beetles on soil. Some questions still persist and will need an answer to validate the efficiency of mating disruption on the lowering of wireworm populations.

Keywords : Mating disruption, click beetles, wireworm, methodology, 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). Deux genres nuisibles sont présents en France, le genre *Athous* observé sur cultures de céréales à paille et le genre *Agriotes*, friand de multiples cultures. Quatre espèces du genre *Agriotes* occasionnent les principaux dégâts observés sur les cultures de maïs, pommes de terre et autres cultures légumières, *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 dommages aux cultures peut en partie être expliquée par l'évolution des stratégies de protection insecticide mises en œuvre par les producteurs. En parallèle, les techniques culturales ont également été modifiées (diminution des surfaces labourées, présence obligatoire de couverts végétaux durant l'interculture) ainsi que l'environnement de certaines parcelles (implantation de bandes enherbées).

Le contexte actuel de raréfaction des substances actives disponibles ou de restriction de leur usage risque de rendre la protection des cultures contre ces ravageurs de plus en plus difficile. La recherche de solutions alternatives est nécessaire pour assurer une protection efficace des cultures.

L'utilisation de phéromones sexuelles pourrait en faire partie. Depuis les années 90, la découverte et le développement des phéromones de synthèse des espèces de taupins à cycles longs (*A. lineatus*, *A. sputator* et *A. obscurus*) par des chercheurs de l'ex Union soviétique (Yatsini et al., 1996) ont permis d'acquérir bon nombre d'enseignements sur la connaissance du cycle de ces ravageurs.

Des travaux plus récents de Toth et al. (2002) ont permis de caractériser les phéromones produites par les femelles *A. sordidus*, une des espèces majoritaires sur le territoire français (Larroudé et al., 2015) et exclusive dans certaines zones du sud-ouest de la France.

Cette découverte et le développement de formulations de synthèse ont ouvert de nouvelles perspectives en matière de lutte contre ce ravageur. La première utilisation a été faite dans le cadre de « monitoring », efficaces, ces phéromones ont permis de mieux connaître une partie du cycle des taupins (période d'émergence des adultes) et de prévoir le risque d'attaques sur culture à l'échelle d'une petite région agricole selon certains auteurs (Furlan et al., 1997, 2001). Elles ont également été utilisées dans le cadre d'expérimentation visant à réduire les populations de taupins grâce au piégeage de masse : l'efficacité de cette stratégie n'a pas été démontrée.

L'utilisation de phéromones dans le cadre de la confusion sexuelle des taupins n'a jamais été mise en oeuvre. Elle a été très peu étudiée chez la famille des Elatérides, une seule référence confirme son intérêt sur *Melanotus okinawensis*. Arakaki et al. (2008) ont montré une réduction des populations de *M. okinawensis* après utilisation de la confusion sexuelle pendant sept années consécutives.

Elle 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.

Cet article a pour objectif de proposer une méthodologie d'évaluation de la confusion sexuelle au champ chez les taupins de l'espèce *Agriotes sordidus*. Quelques premiers résultats seront également présentés.

MATERIELS ET METHODES

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA PHEROMONE *A. SORDIDUS*

La mise en place de la confusion sexuelle nécessite de confirmer la spécificité de la phéromone utilisée vis-à-vis de l'espèce ciblée. Certains attractifs comme ceux fournis par NPP et Csalomon ont déjà fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de monitoring et ont donné des résultats de piégeage significatifs (Piveteau, 2006, Villeneuve et al., 2008).

Un dispositif de comparaison de pièges a été mis en place pour comparer trois attractifs, chacun étant composé de la même phéromone sexuelle - géranyl hexanoate (Toth, 2002) - mais celle-ci était appliquée à des doses et sur des diffuseurs différents. L'attractif NPP (formulé par la société Natural Plant Protection) et l'attractif Csalomon appliqués sur diffuseurs spécifiques étaient comparés à un attractif expérimental proposé par la société M2i formulé sous forme de gel et comportant 10 % de phéromone.

Les attractifs contenaient 80 (NPP) ou 100 mg (M2i) de phéromone. La quantité de phéromone du diffuseur de Csalomon n'est pas connue. La technologie de la formulation M2i est celle de la micro encapsulation déjà utilisée pour des diffuseurs de phéromones de lépidoptères. Cette même technologie sera ensuite utilisée en confusion sexuelle.

Chaque attractif était positionné sur un support dans un piège « Pitfall ». Ce piège était composé de deux parties identiques, un pot surmonté d'une collerette était enterré à la surface du sol et un même pot était retourné et positionné par-dessus pour protéger l'attractif des intempéries et autres aléas. L'espacement entre pots était de 2 cm pour permettre aux adultes de taupins attirés par la phéromone de pénétrer à l'intérieur du piège et de tomber dans un réceptacle rempli d'un mélange eau salée (10%) + quelques gouttes de savon non odorant.

Le dispositif expérimental comprenait 3 répétitions. Il a été mis en place dans trois parcelles choisies sur leur historique de dégâts de taupins sur culture de maïs. Les parcelles sont situées sur les communes d'Espoey, de Lourenties et de Montardon dans le département des Pyrénées-Atlantiques (64) dans une zone où l'espèce *A. sordidus* est quasi exclusive.

Les attractifs étaient espacés à minima de 50 m les uns des autres. Les pièges étaient relevés toutes les semaines pour comptage des individus capturés.

Après relevé, pour limiter les éventuels effets d'hétérogénéité de répartition des populations sur la parcelle, les pièges ont subi chaque semaine une rotation à l'intérieur de la répétition.

Sur la durée de l'expérimentation, les attractifs ont été remplacés toutes les 5 semaines. Ils étaient conservés au réfrigérateur dans leur emballage d'origine avant mise en place sur site.

Ces expérimentations avaient pour but d'apporter la preuve que la micro-encapsulation permettait une diffusion lente de la phéromone du taupin.

EVALUATION DU CONCEPT DE CONFUSION SEXUELLE AU CHAMP

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.

Cette évaluation a été réalisée au printemps 2016 sur deux sites choisis en fonction des niveaux élevés de dégâts de taupins constatés au cours d'années antérieures, site 1 à Lescar (parcelle de 25

hectares), site 2 à Poey de Lescar (parcelle de 17 hectares) dans le département des Pyrénées-Atlantiques (64), les deux sites étaient espacés d'environ 2.5 km l'un de l'autre.

Deux modalités (Témoin – T, Confusion Sexuelle - CS) sont comparées selon un dispositif en blocs à 4 répétitions. Chaque répétition est définie par une zone de 900 m² (37 rangs de maïs espacés de 0.8 m x 30 m de longueur). Les zones étaient positionnées à 30 mètres minimum de la bordure de la parcelle, l'intervalle entre zones était de 150 mètres sur le site 1 et de 100 mètres sur le site 2.

Un piège « Pitfall » muni de l'attractif NPP était positionné au centre de chacune des zones de chaque modalité (témoin ou CS). Neuf pièges passifs (pots Barber) sont répartis de façon homogène dans chacune des zones de chaque modalité.

Pour la mise en place des zones de « confusion sexuelle », un attractif sous forme de gel composé de 20% de geranyl hexanoate a été formulé, appliqué par pesée sur une extrémité de bâtonnets de bois d'environ 20 cm de longueur et 1 cm de diamètre en guise de support des diffuseurs. Ils ont été répartis dans chaque zone à confuser à une densité de 90 diffuseurs pour 900 m² (soit 1 diffuseur pour 10 m²).

Au printemps 2017, le dispositif de confusion sexuelle a de nouveau été mis en place sur la parcelle de Lescar (site 1) pour validation des résultats obtenus en 2016.

INDICATEURS ET ANALYSES STATISTIQUES

Lors de l'évaluation de l'efficacité des attractifs, un comptage d'adultes dans chaque piège est réalisé toutes les semaines pour définir la cinétique de vol des taupins. Les populations de taupins piégés sur l'ensemble de la période de piégeage (entre début mai et fin août) ont été comparées, à l'aide d'une analyse de la variance et d'une comparaison de moyennes (test de Newman & Keuls). Une première analyse a été faite pour juger de l'interaction piège x positionnement.

L'efficacité de la confusion sexuelle est jugée selon plusieurs indicateurs :

- nombre de taupins piégés dans le piège attractif NPP placé au centre de la zone d'évaluation,
- nombre de taupins adultes capturés par les neuf pièges passifs, cet indicateur permet de juger de l'activité des taupins sur le sol,
- taux de femelles par observation des *genitalia* des individus, taux de femelles fécondées par observation des spermathèques.

Ces critères seront analysés par analyse de la variance et comparaison de moyennes (test de Newman & Keuls).

RESULTATS

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA PHEROMONE *AGRIOTES SORDIDUS*

Suite aux premières émergences de taupins constatées le 18/04/2016, le dispositif a été mis en place entre le 27/04/2016 et le 04/05/2016. Le suivi a ensuite été effectué jusqu'à la fin du mois d'août (de la semaine 17 à la semaine 34).

L'analyse des résultats ne met pas en évidence de différences de capture en fonction du positionnement des pièges sur la parcelle, le dispositif mis en place ne fait pas apparaître d'interactions entre le positionnement de l'attractif dans la parcelle et l'attractif lui-même. Les populations de taupins semblent être bien réparties au sein de chacune des parcelles.

Sur les sites d'Espoey et de Montardon, les captures totales mesurées entre pièges ne sont pas significativement différentes pour les trois attractifs testés. A Espoey, le nombre total d'adultes capturés par piège s'élève à 2471 individus pour l'attractif NPP, 2583 pour l'attractif Csalomon et 2276 individus pour l'attractif M2I, le nombre d'individus capturés étant légèrement plus hétérogène dans cette dernière situation. A Montardon, là encore les niveaux sont similaires avec respectivement 1282, 1347 et 906 individus capturés par piège sur l'ensemble de la période de piégeage. Les résultats sont cependant légèrement plus hétérogènes avec la phéromone Csalomon (niveau de captures le plus élevé).

Sur le site de Lourenties, les phéromones NPP et Csalomon affichent des résultats similaires avec respectivement 3079 et 2933 individus capturés par piège sur l'ensemble de la période. En revanche, la phéromone M2I présente un niveau de capture plus faible avec 1832 individus capturés (soit une réduction de 40% au final), cette différence est significative.

Les niveaux de piégeage avec cet attractif sont dans les trois sites inférieurs à ceux observés avec les attractifs NPP et Csalomon. Le nombre de captures semble plus faible à partir de la semaine 23 pour le site de Lourenties. Cette diminution des populations est également observée à partir de la semaine 26 pour les deux autres sites (mais cela correspond également à une diminution globale des captures de taupins).

Tableau 1 – Cumul du nombre de taupins par piège de fin avril 2016 à fin aout 2016.

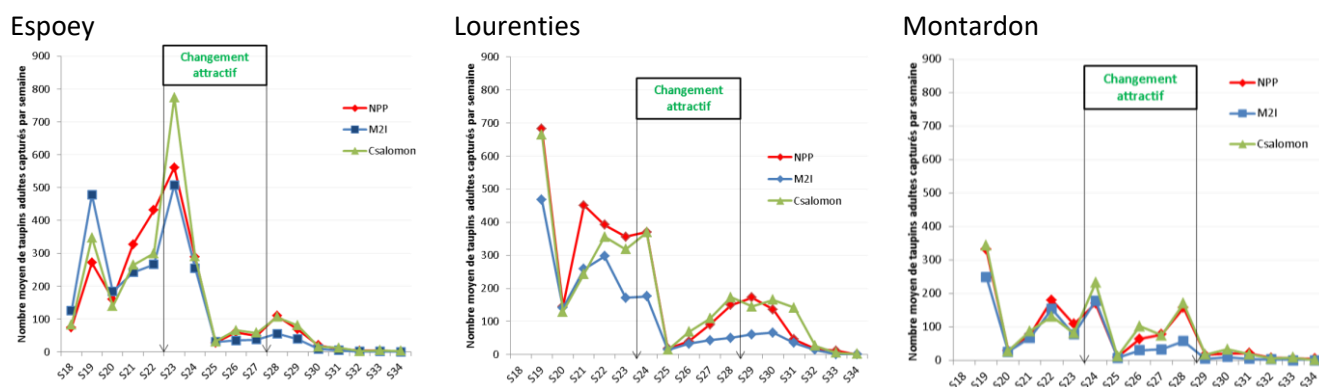
Cumulative number of click beetles per trap from end of April 2016 to end of August 2016.

Site	Attractif			Proba. sous H0 (1)	E.t.r (2)	C.V., % (3)
	NPP	M2I	Csalomon			
Espoey	2471 (± 167)	2276 (± 196)	2583 (± 58)	NS	187	7.6
Lourenties	3079 a (± 151)	1821 b (± 112)	2933 a (± 226)	p < 0.01	207	8.0
Montardon	1282 (± 101)	906 (± 195)	1347 (± 253)	NS	237	20.1

(1) analyse de variance, probabilité sous H0 : NS pour p > 0.20 ; 0.05 < p < 0.01 = différence significative ; p < 0.01 = différence hautement significative (2) E.t.r = écart type résiduel (3) C.V. = coefficient de variation

Figure 1 – Piégeage de taupins adultes par site d'essai.

Click beetles trapping by test site.



EVALUATION DU CONCEPT DE CONFUSION SEXUELLE AU CHAMP

Les dispositifs ont été mis en place après le semis de maïs après l'apparition des premiers adultes émergents respectivement les 28/04/2016 et 03/05/2016 pour le site 1 et le site 2. Le suivi était réalisé jusqu'au moment où l'expérimentateur comptait moins de 10 individus par piège attractif et par semaine lors de 2 semaines consécutives. Les relevés se sont poursuivis jusqu'au 04/08/2016 (14 semaines) pour le site 1 et jusqu'au 23/08/2016 (16 semaines) pour le site 2.

Le cumul du nombre de taupins adultes capturés par les pièges attractif NPP dans les zones T est équivalent entre les deux sites (tableau 2) et dans les deux cas supérieur à celui mesuré dans les zones CS. Un ratio d'environ 4 :1 est constaté sur le site 1, cet écart est hautement significatif (1703 vs 432 individus) ; 2 :1 sur le site 2, l'écart est conséquent mais une plus grande hétérogénéité entre répétition ne permet pas d'obtenir une différence significative au seuil de 5% entre les deux modalités ($p=0.09$; 1584 vs 929).

Les résultats obtenus en 2017 sur une plus courte période (début mai à fin juin) confirment les observations faites en 2016. Les niveaux de piégeage sont équivalents à ceux observés en 2016 avec une différence significative en faveur des zones témoin dans le cas du piégeage attractif (1494 vs 544 adultes) et en faveur des zones de confusion dans le cas du piégeage passif (331 vs 24 adultes).

Tableau 2 – Piégeage dans le dispositif de confusion sexuelle, nombre d'adultes cumulé par zone.
Adult trapping in mating disruption, cumulative number of click beetles per zone.

	Témoin	Confusion sexuelle	Proba. sous H0 (1)	E.t.r (2)	C.V., % (3)
LESCAR (site 1)					
2016					
Piège attractif (1)	1703 a	432 b	$p < 0.01$	146	13.6
Pots Barber (9)	52 b	642 a	$p < 0.01$	86	24.8
2017					
Piège attractif (1)	1494 a	544 b	$p < 0.01$	129	12.7
Pots Barber (9)	24 b	331 a	$p < 0.01$	11	6.0
POEY DE LESCAR (site 2)					
2016					
Piège attractif (1)	1584	929	$p = 0.09$	382	30.4
Pots Barber (9)	101 b	1059 a	$p < 0.01$	240	41.3

(1) (2) (3) cf tableau 1.

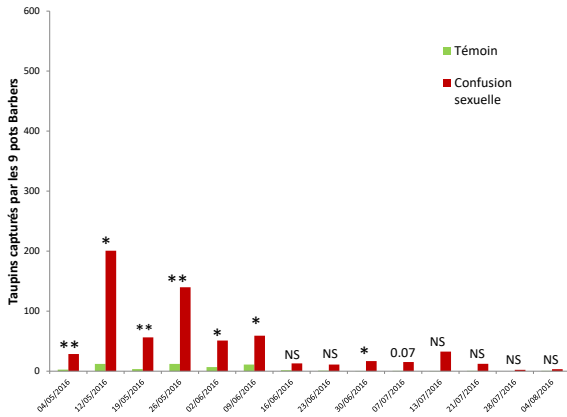
Sur le site 1, il est observé une différence très marquée entre modalités dès la mise en place du dispositif jusqu'à la mi-juin, période d'activité des adultes la plus importante (figure 2). Les écarts entre modalités sur le piégeage attractif et le piégeage passif sont significatifs. Les écarts s'estompent ensuite en même temps que les niveaux de piégeage se réduisent.

Figure 2 - Evolution du piégeage de taupins sur la parcelle de Lescar (site 1 - 2016) selon le type de piégeage.

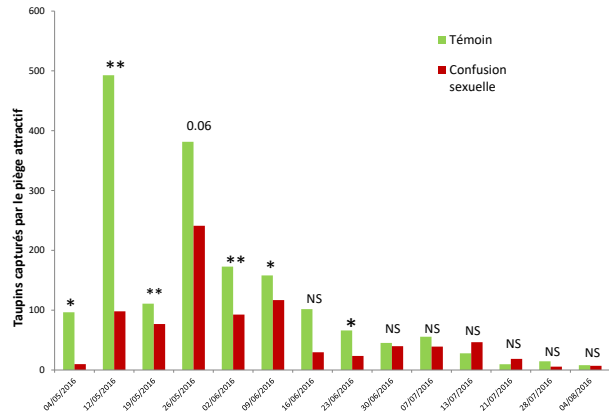
Trapping of click beetles on Lescar plot (site 1 - 2016) according to the type of trapping.

Analyse de variance par date : NS pour $p > 0.20$; * pour $0.05 < p < 0.01$ = différence significative ; ** pour $p < 0.01$ = différence hautement significative.

Pièges passifs



Piège attractif



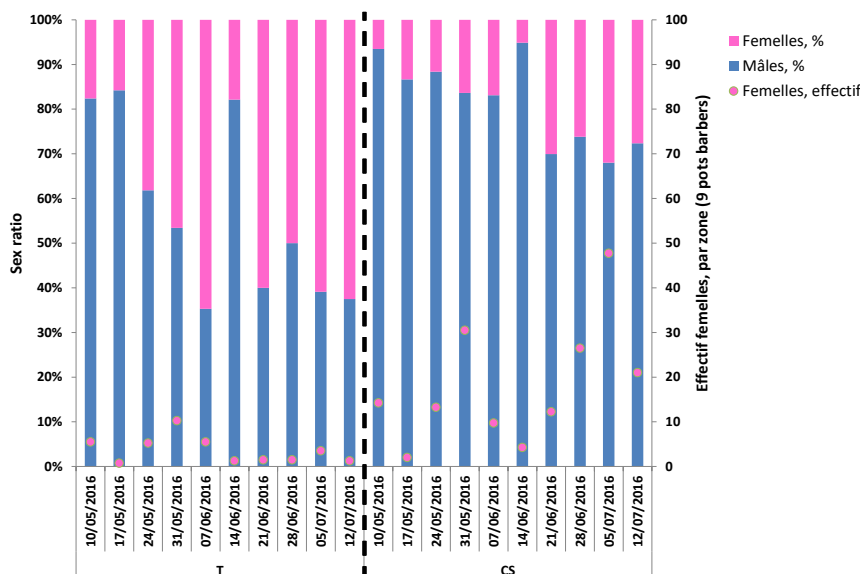
Sex ratio

Seuls les individus capturés dans les pièges passifs sur le site 2 en 2016 ont été sexés. Il apparaît assez clairement que les taux de femelles capturées augmentent au fur et à mesure du piégeage (figure 3).

Le taux de femelles piégées paraît être supérieur dans la modalité témoin avec une évolution de 20 à 60 % entre le début et la fin de la période de piégeage. Sur les zones de confusion sexuelle, le taux de femelles piégées passe de 10 à 30%, mais étant donné que les niveaux de captures sont beaucoup plus élevés, le nombre de femelles est aussi plus important (en valeur absolue).

Figure 3 - Sexratio des adultes piégés dans les pièges passifs sur le site 2 en 2016.

Sexratio of click beetles trapped in passive traps on site 2 in 2016.



DISCUSSION

La formulation de la phéromone géranyl-hexanoate à une concentration sur un attractif sous forme de gel a montré lors des expérimentations de monitoring des résultats de piégeage légèrement plus hétérogènes et inférieurs à ceux des attractifs de référence NPP et Csalomon. Ces différences peuvent s'expliquer par la nature des formulations - les co-formulants de l'attractif NPP peuvent avoir un rôle synergiste qui renforcent l'attractivité de la phéromone (phénomène connu pour de nombreux coléoptères), ou par l'intensité journalière de relargage de chaque diffuseur.

Dans le cadre d'une surveillance des populations de taupins, cette formulation paraît avoir un rôle limité mais ces travaux confirment l'intérêt de l'attractif proposé par M2i pour attirer des adultes de taupins.

Dans le cadre des premiers tests de confusion sexuelle, la mise en place de multiples points de diffusion (1/10m²) pour une quantité importante de phéromone a permis de mettre en évidence une modification du comportement des individus :

- le niveau de captures des pièges attractifs, comportant un diffuseur avec une phéromone sexuelle, est plus faible dans la zone avec confusion sexuelle que dans la zone témoin. Cela signifie que les adultes de la zone avec confusion sexuelle trouvent moins facilement le piège attractif,
- le piégeage passif réalisé au moyen de pots Barber montre une activité sur le sol des taupins adultes supérieure dans le cas de la zone confusée.

Nous serions tentés d'ajouter les deux critères pour définir les niveaux de populations des zones considérées mais nous ne savons pas si réellement tous les individus présents dans les différentes zones ont été capturés par les différents pièges. Une observation faite sur les zones confusées d'un site confirme que tous les individus ne sont pas capturés, certains d'entre eux étant retrouvés morts (certainement d'épuisement !) au pied des diffuseurs.

Ces deux indicateurs témoignent de perturbations du comportement des taupins adultes, résultats encourageants mais n'étant pas suffisants pour juger de l'efficacité de la confusion sexuelle chez les taupins. De plus lors de cette étude, un premier résultat nous interpelle, l'effectif de femelles capturées dans les pièges passifs est bien supérieur dans les zones confusées. Il est logique de se poser la question du mode de fonctionnement de la phéromone, est-ce une phéromone sexuelle ou une phéromone d'agrégation ? Certains auteurs et notamment Toth et al. (2013 et 2015) ont montré sur l'espèce *Agriotes sordidus* que le comportement agrégatif de la phéromone était possible et pourrait s'expliquer par l'attractivité des femelles vers les sources de nourriture et les zones d'accouplement notamment lorsque la dose de phéromone est élevée. Ce résultat n'est à priori pas très favorable à la validation de la confusion sexuelle mais devra être jugé par le taux de fécondation, critère qui paraît être le plus pertinent. Poursuivant cet objectif, quelques dissections de femelles capturées dans les pièges passifs ont été réalisées pour déterminer la fréquence de femelles fécondées. Malheureusement, la méthode utilisée ne nous a pas permis de juger de l'accouplement, les individus capturés n'étant pas vivants, il n'a pas été possible de repérer la présence de sperme dans les spermathèques.

D'autres interrogations subsistent notamment sur la provenance des taupins adultes capturés dans les pièges passifs dans la zone confusée. Sufyan (2013) a démontré lors de dispositifs de capture – marquage – recapture que le taux de recapture était fonction de la distance à laquelle les individus avaient été relâchés. Au-delà de 15 mètres du piège attractif, moins de 20% des individus sont recapturés. Ce résultat est obtenu dans des conditions de monitoring et non en dispositif de confusion sexuelle, dans ce cas les apports en phéromone étant plus élevés et saturant l'environnement, l'interrogation demeure quant à son impact sur l'aire d'attractivité du dispositif.

CONCLUSION

Cette première année d'étude démontre que la confusion sexuelle avec un apport important de phéromone perturbe le comportement des taupins adultes de l'espèce *Agriotes sordidus*.

Dans les zones confusées :

- une part significative de la population d'adultes ne retrouve pas le piège sexuel (attractif NPP) placé au centre de la zone,
- les adultes, dont la présence est confirmée au travers des captures réalisées à l'aide de pièges Barber, ont une activité plus intense avec des captures beaucoup plus importantes dans les pièges passifs.

Néanmoins certaines interrogations subsistent et devront être levées pour valider le concept de confusion sexuelle appliquée aux taupins : distance d'attractivité des adultes, les modifications de comportements permettent-elles d'abaisser les accouplements et par conséquent la population larvaire.

Ces travaux doivent être poursuivis avec une formulation de phéromone facilement applicable en grandes parcelles.

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/Ipem, Armines-CMA et le groupe coopératif Euralis.

BIBLIOGRAPHIE

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., 2008. Mating disruption for control of *Melanotus okinawensis* (Coleoptera: Elateridae) with synthetic sex pheromone. J.Econ.Entomol. 101 (5) : 1568-1574

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 »

Furlan L., Tóth M., Ujvary I., 1997 - The suitability of sex pheromone traps for implementing IPM strategies against *Agriotes* populations (Coleoptera: Elateridae). Proceedings of XIX IWGO Conference, Guimaraes, August 30 - September 5, 1997, 173-182.

Furlan L., Tóth M., Yatsinin V., Ujvary I., 2001 - The project to implement IPM strategies against *Agriotes* species in Europe: what has been done and what is still to be done. Proceedings of XXI IWGO Conference, Legnaro Italia, 253 - 262.

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

Méthode OEPP 1/264 - Mating disruption pheromones

Piveteau, 2006. Optimisation du piégeage des taupins par phéromones sexuelles. Utilisation pour l'évaluation du risque et comme alternative à la lutte chimique en culture de maïs. Mémoire de fin d'étude. pp40.

Sufyan M., 2013. Biology, Monitoring and Management of Economically Important Wireworm Species (Coleoptera: Elateridae) in Organic Farming, pp 165.

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.

Tóth M., Furlan L., Yatsynin V.G., Ujvary I., Szarukan I., Imrei Z., Tolasch T., Francke W., and Jossi W., 2003. Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests (Coleoptera: Elateridae) in Central and Western Europe. Pest Management Science, 59 : 417-425.

Tóth M., 2013. Pheromones and attractants of click beetles: an overview. J Pest Sci 86:3–17.

Tóth M., Furlan L., Vuts J., Szarukan I., Ujvary I., Yatsynin V.G., Tolasch T., Francke W., 2015. Geranyl hexanoate, the female-produced pheromone of *Agriotes sordidus* Illiger (Coleoptera: Elateridae) and its activity on both sexes. Chemoecology, February 2015

Villeneuve F., Maignien G., Renault A., Semeteys V., 2008 - Utilisation des phéromones chez le genre *Agriotes* (Coleoptera : Elateridae) : Etude de quelques facteurs pouvant influencer le niveau de capture. AFPP – 8^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier 348-357.

Yatsynin V.G., Rubanova E.V., Okhrimenco N.V., 1996. Identification of female-produced sex pheromones and their geographical differences in pheromone gland extract composition from click beetles (Col., Elateridae). J. Appl. Entomol., 120 : 463-466