

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

**CONFUSION SEXUELLE EN ARBORICULTURE
ET GESTION DES RESURGENCES DE CERTAINES ESPECES DE LEPIDOPTERES**

S. BIGA⁽¹⁾, C. BARTHET⁽¹⁾ et J.-L. KLEINHANS⁽²⁾

⁽¹⁾ Sumi Agro France, 251 rue du Faubourg-Saint-Martin, 75010 Paris

sebastien.big@sumiagro.com, celine.barthet@sumiagro.com

⁽²⁾ Sumi Agro Europe Limited, Vintner's Place, 68 Upper Thames Street, London EC4V 3BJ UK

jean-louis.klein@sumiagro.com

RÉSUMÉ

Depuis les premières tentatives de contrôle de Lépidoptères ravageurs au moyen de diffuseurs passifs de phéromones sexuelles dans les vergers il y a maintenant 50 ans, la technique s'est progressivement améliorée pour devenir aujourd'hui un des piliers de la Protection Intégrée (PI) en arboriculture. Cependant, après plus de 10 années de pratique de la confusion sexuelle et avec l'évolution des spectres d'action des insecticides, la présence de certains Lépidoptères ravageurs est devenue problématique, notamment celle des tordeuses de la pelure. Après la mise en marché d'un premier diffuseur mixte répondant à cette problématique en 2015, une nouvelle version de ce diffuseur permettant de diminuer la densité et donc le temps de pose est en cours de développement. Des essais comparatifs ont été conduits en 2015 et 2016 afin de valider l'efficacité de ce nouveau diffuseur au verger en vue de son homologation et de sa mise en marché.

Mots-clés : Phéromones, confusion sexuelle, diffuseur mixte, *Cydia pomonella*, tordeuses de la pelure.

ABSTRACT

MATING DISRUPTION IN POME FRUITS ORCHARDS AND MANAGEMENT OF OUTBREAKS OF SOME LEPIDOPTERA SPECIES

Since the first attempt to control Lepidopteran pests using pheromone-based mating disruption 50 years ago, the technique has become a central tool for Integrated Pest Management (IPM) in arboriculture. Therefore, after more than 10 years use of mating disruption along with the application of more specific insecticides, some resurgences of Lepidoptera species were encountered, especially with leafrollers. In 2015, a first mixed dispenser was marketed responding to this issue. In order to reduce the density and set up time, a new type of dispenser has been developed. Comparative field trials were conducted in France between 2015 and 2016 in order to validate the efficacy of this new dispenser for registration and marketing purposes.

Keywords: Pheromones, mating disruption, mixed dispenser, *Cydia pomonella*, leafrollers.

INTRODUCTION

L'année 2017 marque le cinquantenaire des premières expérimentations de la technique de lutte par confusion sexuelle contre des Lépidoptères ravageurs, dont la première publication est attribuée à l'équipe de Harry Shorey (Gaston *et al.* 1967). L'idée a progressivement émergé à partir de 1959, avec la découverte du complexe phéromonal du bombyx du mûrier *B. mori* (Butenandt *et al.* 1959). Suivent plus de 30 années de recherche et développement, avant que les premiers diffuseurs passifs de phéromones ne soient commercialisés aux États-Unis en 1991 puis en Europe au milieu des années 90 (Thomson *et al.* 2001). Aujourd'hui, forte de ses 25 ans de mise en œuvre, la technique de confusion sexuelle constitue un des piliers de la Protection Intégrée (PI) contre les principaux Lépidoptères ravageurs des vergers, notamment grâce à trois avantages : 1) il s'agit d'une méthode spécifique vis-à-vis de l'espèce ciblée, 2) qui n'est pas toxique pour les autres espèces et 3) qui est efficace à de très faibles doses (Witzgall *et al.* 2008). Son déploiement ne cesse d'augmenter, et l'on atteint aujourd'hui des surfaces confusées très importantes au niveau mondial. Depuis la commercialisation des premiers diffuseurs de phéromones, la mise en place annuelle et continue de la confusion sexuelle sur de grandes surfaces a permis de réduire significativement les interventions insecticides, permettant notamment le retour de certains auxiliaires dans les vergers (Witzgall *et al.* 2008, Witzgall *et al.* 2010). Toutefois, les applications complémentaires d'insecticides restent obligatoires pour assurer une protection optimale du verger.

Parallèlement au développement de la confusion sexuelle, la nature des insecticides utilisés a également évolué au cours de ces quinze dernières années. Majoritairement composées de molécules organophosphorées (OP) et de carbamates, ces spécialités à large spectre d'action ont été rapidement confrontées à des phénomènes de résistance (Varela *et al.* 1993, Knight *et al.* 1994) et leur profil ecotoxicologique peu favorable (Grenier & Grenier 1993) contribuent fortement à leur retrait progressif du marché par les autorités sanitaires. Depuis, de nouvelles classes de molécules ont fait leur apparition, les néonicotinoïdes mais aussi les pyréthriinoïdes puis les diamides. Ces molécules qui présentent un spectre d'action réduit, ciblé sur un ou quelques ravageurs précis, ont quasiment entièrement remplacé les carbamates et autres OP (Witzgall *et al.* 2008). Néanmoins, ce passage de molécules à large spectre à des insecticides plus spécifiques dans des vergers sous confusion sexuelle a entraîné des remontées de Lépidoptères ravageurs secondaires, principalement des tordeuses de la pelure, qui n'étaient pas préoccupantes auparavant (Gut & Brunner 1998, Walker & Welter 2001).

Afin d'éviter un recours excessif aux insecticides conventionnels dans un verger sous confusion sexuelle, de nouveaux diffuseurs permettant de contrôler ces Lépidoptères ont été développés (Judd & Gardiner 2008). Cependant, cette double pose de diffuseurs de phéromones impliquait un coût supplémentaire à la fois en termes d'intrant (diffuseurs supplémentaires) et en termes de main d'œuvre pour la pose. Après le développement et le lancement en France du premier concept de diffuseur mixte - le GINKO® DUO, ciblant le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*) et la tordeuse orientale du pêcher (*Cydia molesta*) - le développement d'un nouveau diffuseur de phéromones mixte, l'ISOMATE®-CLR a été initié en 2011. Il permet de contrôler conjointement le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*), et quatre tordeuses de la pelure : Capua (*Adoxophyes orana*), Pandemis (*Pandemis heparana*), Podana (*Archips podana*), Eulia (*Argyrotaenia pulchellana*). Dès 2014, nous avons testé au verger un nouveau type de diffuseur, double tube (**Figure 1**), afin de réduire la densité et donc le temps de pose : l'ISOMATE®-CLR MAX. Des essais comparatifs entre les deux versions du diffuseur mixte ont été menés pendant deux campagnes, la seule différence résidant dans le type de diffuseur et non dans les composants. Les objectifs de ces travaux étaient donc d'évaluer l'efficacité du diffuseur double tube pour le contrôle de *C. pomonella* et des tordeuses de la pelure par comparaison avec le diffuseur simple tube déjà homologué et d'établir la courbe de diffusion du nouveau diffuseur pour s'assurer d'une diffusion homogène durant la saison.

MATERIEL ET MÉTHODE

PLAN EXPERIMENTAL

De manière générale, la plupart des plans expérimentaux en protection des cultures sont basés sur quatre blocs randomisés avec plusieurs répétitions, suivant les principes de Ronald Fisher (1935). Dans chaque bloc, les différentes modalités comparées sont réparties de manière aléatoire, l'ensemble des blocs étant éventuellement articulés suivant un gradient d'hétérogénéité. Ce dispositif en micro-parcelles, devenu la norme en matière d'expérimentation, n'est pas adapté pour évaluer les produits ou techniques nécessitant de grandes surfaces pour atteindre leur efficacité, comme la confusion sexuelle ou le lâcher inondatif d'auxiliaires. Pour ce faire, une méthode et un standard spécifiques ont été établis respectivement par la Commission des Essais Biologiques (CEB) au niveau français ainsi que par l'European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Il s'agit de la Méthode Générale n°9 : « Principes généraux d'étude de l'efficacité de spécialités à base de phéromones destinées à lutter contre les Lépidoptères ravageurs des cultures pérennes par confusion sexuelle des mâles » et du Standard EPPO PP1/007(3) : « *Cydia pomonella* ». Les dispositifs établis visent à comparer une référence homologuée, conventionnelle ou non, à la modalité étudiée sans témoin non traité. Les principes généraux énoncés se rejoignent sur plusieurs points : tout dispositif doit être mis en place sur de grandes parcelles et doit limiter au maximum toute interférence entre celles-ci : vent, (im)migration du ravageur ciblé ; en intégrant une zone tampon d'au moins 30 mètres. Les effets de « bordure » liés à l'environnement proche (vents dominants, foyers externes de ravageurs,...) sont tout aussi préjudiciables et doivent être considérés en renforçant les bordures. De plus, les parcelles n'étant pas subdivisées en micro-parcelles élémentaires et rarement répétées, il est primordial de s'assurer d'une homogénéité maximale entre les deux parcelles comparées. En ce sens, la connaissance de leur historique est un élément très important dans l'interprétation des résultats pour prendre en compte le niveau de pression et les dégâts moyens enregistrés. L'ensemble de ces informations est généralement présenté sous forme de plan schématique avec la localisation des pièges pour le suivi de la dynamique des populations. De par leur typicité, ces dispositifs expérimentaux ne permettent pas d'analyser statistiquement les résultats. Dans le cadre de cette étude, le diffuseur simple tube ayant déjà été évalué face à une référence conventionnelle et homologuée pour cet usage, il sera considéré comme la référence, comparée au diffuseur double tube, sans témoin non traité. En 2015 et 2016, 6 essais ont été mis en place sur les principales régions soumises à des résurgences de tordeuses de la pelure ces dernières années.

DIFFUSEURS DE PHEROMONES EVALUES ET MISE EN PLACE

Les diffuseurs de phéromones évalués dans cette étude sont produits par la firme japonaise Shin-Etsu Chemical Company Ltd. (Tokyo, Japon) et développés puis mis en marché par Sumi Agro en France. Ils sont composés de polyéthylène de couleur rouge orangé et sont de deux sortes. Le premier est composé d'un seul tube de phéromones (Single Tube, ST) associé à un fil de fer tandis que le second est l'association de deux tubes contenant les phéromones (Twin Tube, TT) soudés aux extrémités (**Figure 1**). Les deux types de diffuseurs sont composés des mêmes phéromones SCLPs (Straight Chain Lepidopteran Pheromones ou Phéromones de Lépidoptères à Chaîne Linéaire), composantes principales identifiées dans les complexes phéromonaux des ravageurs ciblés : d'une part (E,E)-8,10-dodécadien-1-ol (codlémone) ; 1-dodécanol ; 1-tétradécanol pour la confusion du carpocapse des pommes et des poires *C. pomonella* et d'autre part (Z)-11-tétradécényl acétate (Z11-14:Ac) et (Z)-9-tétradécényl acétate (Z9-14:Ac) pour la confusion des quatre tordeuses de la pelure (**Tableau I**).

Figure 1 – Illustration des deux types de diffuseurs de phéromones. **A**, diffuseur simple tube (ST) et **B**, diffuseur double tube (TT). Source : Sumi Agro France.

Figure 1 - Illustration of the two types of pheromone dispensers. **A**, single-tube dispenser (ST) and **B**, twin-tube dispenser (TT). Source : Sumi Agro France.



Ces phéromones SCLPS sont associées à des coformulants pour assurer leur bonne diffusion ainsi que leur intégrité (anti-UV, antioxydants) tout au long de la période d'utilisation.

La pose des diffuseurs a été réalisée quelques jours avant le début du premier vol du ravageur le plus précoce, notamment celui de la Petite tordeuse de la grappe Eulia (*Argyrotaenia pulchellana*), qui a lieu dès le mois de mars jusqu'au début du mois d'avril, avant celui de *C. pomonella* (**Tableau I**). Ils ont été positionnés dans le tiers supérieur des arbres, le diffuseur ST étant accroché à un rameau par torsion grâce au fil de fer tandis que le diffuseur TT est simplement suspendu (**Figure 1**). Le diffuseur ST a été posé à une densité de 1 000 unités par hectare contre 750 unités par hectare pour le diffuseur TT. Comme pour toute mise en place de confusion sexuelle, il est important de procéder à un renforcement des bordures qui prévient les risques liés à l'environnement proche (vents dominants, vergers abandonnés, zones de stockage) et à l'historique de chaque verger. En règle générale, le renforcement des bordures correspond à la pose de 10 à 15% de diffuseurs supplémentaires.

SUIVI DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE LÉPIDOPTÈRES RAVAGEURS

Afin d'évaluer l'efficacité de la confusion sexuelle, il est important de connaître la biologie du Lépidoptère ravageur ciblé (**Tableau 1**) et d'effectuer un suivi de la dynamique des populations en cours et en fin de saison. Pour ce faire, deux types de pièges sont installés dans les vergers sous confusion sexuelle : les pièges attractifs à plaque engluée dotés pour certains de capsules de phéromones sexuelles dites « classiques » et d'autres de capsules sur-dosées en phéromones ou de capsules dites « combo », associant phéromones sexuelles et kairomones ; et les bandes-pièges cartonnées, fixées autour des troncs. Les kairomones sont des molécules allélochimiques qui agissent entre espèces différentes et dont l'effet attractif est négatif pour l'espèce émettrice. Dans le cas des capsules « combo », des esters de poire permettent d'attirer *C. pomonella* (Metcalf & Metcalf 1992).

Les pièges englués permettent d'obtenir deux types d'informations. Ceux équipés d'une capsule « classique » chargée uniquement en phéromones sexuelles permettent de vérifier l'établissement de la confusion sexuelle par saturation de l'atmosphère du verger et ne doivent capturer aucun ou très peu d'adultes tandis que les pièges équipés de capsules surchargées ou « combo » (phéromones sexuelles et kairomones) permettent d'évaluer le niveau de pression et de repérer les pics de vol afin de positionner des traitements insecticides en cas de besoin. En effet, la diffusion d'une plus grande quantité de phéromones sexuelles par des capsules surchargées attire davantage les adultes mâles, de même que la diffusion de kairomones permet d'attirer des adultes mâles et femelles dans une atmosphère saturée de phéromones. Ces pièges sont relevés toutes les semaines pendant la période à risque alors que les bandes-pièges sont quant à elles retirées en fin de saison, durant l'automne. Seules les larves de *C. pomonella* recueillies sont dénombrées pour évaluer l'importance de l'inoculum pour la saison suivante, les larves de tordeuses de la pelure réalisant leur diapause dans les arbres.

NOTATIONS D'EFFICACITÉ

L'évaluation de l'efficacité des diffuseurs de phéromones pour lutter par confusion sexuelle est basée sur plusieurs contrôles visuels sur fruits au cours de la saison puis par des notations plus précises (minimum 1000 fruits par modalité) en fin de génération (vol) voire sur la totalité des fruits à la récolte. Les fruits touchés sont examinés et les larves présentes sont élevées jusqu'au stade adulte (papillon) pour faciliter l'identification et attribuer le dégât au bon ravageur. Les résultats sont exprimés en pourcentage de fruits présentant des symptômes de dégâts des Lépidoptères ciblés. Chez les producteurs, le seuil d'acceptabilité des dégâts sur fruits est de l'ordre de 1% à 2% sur la totalité de la récolte.

ETABLISSEMENT DES COURBES DE DIFFUSION

Après l'évaluation de l'efficacité des diffuseurs testés, le second objectif de cette étude est d'établir la courbe de diffusion du diffuseur TT. Des diffuseurs supplémentaires ont alors été pesés avant d'être installés dans une zone de la parcelle correspondante pour y être prélevés tous les mois voire toutes les deux semaines par lot de cinq. À chaque prélèvement, les diffuseurs sont pesés puis stockés au froid à + 4 / 6 °C.

À la fin de la saison les diffuseurs prélevés sont envoyés au Japon, dans les laboratoires du fabricant Shin-Etsu, pour y être analysés par chromatographie en phase liquide-gazeuse (GLC) et ainsi déterminer la quantité de phéromones sexuelles restante dans chaque diffuseur. L'ensemble des données récoltées permet d'établir une courbe de diffusion en fonction du temps au cours de la saison.

Tableau I – Biologie des Lépidoptères ravageurs ciblés par les diffuseurs de phéromones étudiés.

Sources : Pherobase.com et données Sumi Agro France.

Table I – Biology of each Lepidoptera targeted by the two dispensers studied.

Sources: Pherobase.com and data from Sumi Agro France.

Espèces	Nom commun	Principaux composants phéromone ♀	Stade hivernant	Nombre de générations	Période des vols (Génération)
<i>Cydia pomonella</i>	Carpocapse des pommes et des poires	E8E10-12OH 12OH 14OH	Larve L5	2 à 3	G1 : fin 04 à mi-06 G2 : fin 06 à fin 07 G3 : fin 07 à mi-09
<i>Adoxophyes orana</i>	Tordeuse de la pelure Capua	Z9-14Ac Z11-14Ac	Larves L2-L3	2	G1 : fin 04 à mi-06 G2 : mi-07 à fin 08
<i>Pandemis heparana</i>	Tordeuse de la pelure Pandemis	Z9-14Ac Z11-14Ac Z11-14OH	Larves L2-L3	2	G1 : fin 04 à mi-06 G2 : mi-07 à fin 08
<i>Archips podana</i>	Tordeuse de la pelure Podana	Z11-14Ac E11-14Ac	Larves L2-L3	1 à 2	G1 : fin-05 à début 07 G2 : début 08 à début 09
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	Petite tordeuse de la grappe Eulia	E11-14Ac Z11-14Ac	Chrysalide	2 à 3	G1 : début 03 à fin 05 G2 : mi-07 à fin 08 G3 : début 09 à fin 10

RÉSULTATS

Les résultats sont synthétisés dans le **Tableau II**. Il décrit les six essais menés en 2015 et 2016 avec le détail des notations réalisées : relevé des pièges englués, notation des dégâts sur fruits à la récolte et relevé des bandes-pièges.

NIVEAUX DE PRESSION EN 2015 ET 2016

En 2015 et 2016, les réseaux d'épidémiosurveillance dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal (BSV) des zones où ont été réalisés les essais (**Tableau II**) ont enregistré des pressions faibles à modérées en carpocapse des pommes et des poires ainsi qu'en diverses tordeuses de la pelure, comme en témoignent les graphiques de la **Figure 2**. Ces observations se retrouvent dans certains essais de 2015 dans lesquels l'utilisation de pièges englués équipés de capsules « combo » associant phéromones sexuelles et kairomones a mis en évidence des captures de *C. pomonella* allant jusqu'à 18 adultes (**Tableau II**). En 2016, aucun essai ne comportait ce type de piège.

ETABLISSEMENT DE LA CONFUSION

Sur l'ensemble des essais réalisés en 2015 et 2016, aucune capture de carpocapse des pommes et des poires *C. pomonella* n'a été enregistrée. Seules quelques captures de tordeuses de la pelure sont à noter en 2015 sur une parcelle sous confusion avec le diffuseur TT : un adulte de *Argyrotaenia pulchellana* et un de *Archips podana*. En 2016, jusqu'à 9 adultes de *Archips podana* ont été capturés dans les parcelles sous confusion sexuelle avec le diffuseur ST, et 4 adultes de *Argyrotaenia pulchellana* avec le diffuseur TT. L'ensemble de ces données permet d'affirmer que les deux types de diffuseurs, simple tube et double tube, ont permis de saturer suffisamment l'atmosphère en phéromones sexuelles pour inhiber les captures d'adultes de *Cydia pomonella* et réduire voire inhiber les captures de certaines tordeuses de la pelure.

Figure 2 – Représentations graphiques des captures autour des parcelles d’essais. **A** Moyennes des captures réalisées par la Fredon Pays de Loire dans le cadre de l’épidémiosurveillance. **B** Résultats des captures de *C. pomonella* dans les parcelles d’essais et dans des vergers abandonnés autour de celles-ci. Source : Fredon Pays de Loire, données Sumi Agro. **Figure 2** – Graphic representations of catches around trial plots. **A** Average catches made by Fredon Pays de Loire for epidemiological monitoring. **B** Catches of *C. pomonella* in trial plot and in near abandoned orchards. Source: Fredon Pays de Loire and data from Sumi Aaro.

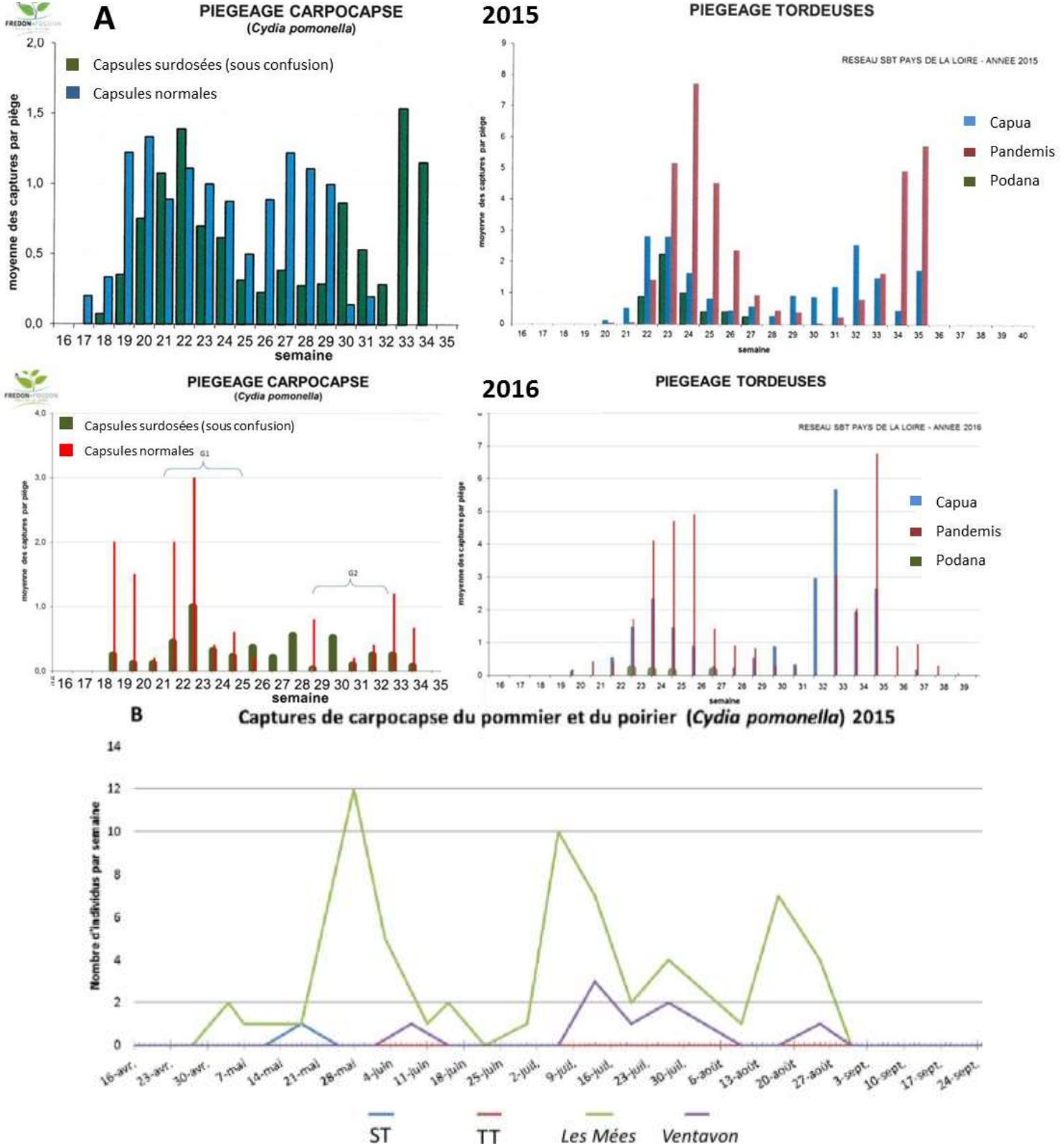


Tableau II – Synthèse des résultats des essais terrain menés en 2015 et 2016. ¹Entre parenthèses, résultats des piégeages à l'aide de capsules « combo » (phéromones et kairomones) pour le carpocapse. ²Entre parenthèses, résultats des piégeages de tordeuses de la pelure à proximité des parcelles. ³Entre parenthèses, interventions dirigées contre les espèces de Lépidoptères ciblées par la confusion sexuelle.

Source : données Sumi Agro France et Shin-Etsu Co.

Table II – Synthesis of the field trials set up in 2015 and 2016. ¹In brackets, results of catches using “combo” lures (pheromones and kairomones) for codling moth. ²In brackets, results of catches out of trial plots for leafrollers. ³In brackets, insecticides applications targeting Lepidoptera species controlled by mating disruption. Source: data from Sumi Aaro France and Shin-Etsu Co.

Année	2015			2016	
	Herlies (59)	Landemont (49)	Sisteron (04)	Herlies (59)	Feneu (49)
Localisation					
Date de pose	09/04/2015	14/04/2015	15/04/2015	31/04/2016	20/04/2016
Distance entre parcelles	150 m	900 m	1 070 m	150 m	75 m
ISOMATE-CLR					
Captures (total de la campagne)					
<i>Cydia pomonella</i>	0	0 (18) ¹	0 (1) ¹	0	0
<i>Adoxophyes orana</i>	0	0	0 (0) ²	0	0
<i>Pandemis heparana</i>	0	0	0 (1) ²	0	0
<i>Archips podana</i>	1	0	0 (0) ²	0	9
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	1	-	0 (5) ²	2	0
Efficacité					
% fruits touchés (récolte)	0,05%	0,76%	0%	0,05%	0%
Nombre de fruits analysés	2000	1180	2000	2000	2000
Bandes-pièges					
Nombre de larves piégées :					
- sur les bordures	1	0	0	1	0
- au centre	0	2	0	0	0
Interventions insecticides en complément					
	0	1 (0) ²	0	0	0
ISOMATE-CLR MAX					
Captures (total de la campagne)					
<i>Cydia pomonella</i>	0	0 (6) ¹	0 (0) ¹	0	0
<i>Adoxophyes orana</i>	0	0	0 (0) ²	0	0
<i>Pandemis heparana</i>	2	0	0 (1) ²	0	2
<i>Archips podana</i>	2	0	0 (0) ²	0	10
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	4	-	0 (5) ²	2	0
Efficacité					
% fruits touchés (récolte)	0%	0,59%	0%	0%	0%
Nombre de fruits analysés	2000	1180	2000	2000	2000
Bandes-pièges					
Nombre de larves piégées :					
- sur les bordures	1	1	0	1	0
- au centre	0	2	0	0	0
Interventions insecticides en complément					
	0	1(0) ²	0	0	0

EFFICACITE A LA RECOLTE

Les notations réalisées lors des récoltes de chaque essai sont très positives pour les deux types de diffuseurs, avec des proportions de fruits touchés inférieures au seuil d'acceptabilité de 1% sans application complémentaire d'insecticides (**Tableau II**). Seul l'essai de Landemont (49) de 2015 présente des dégâts plus élevés, mais qui restent tout à fait acceptables avec 0,76% de fruits touchés avec le diffuseur ST et 0,59% de fruits touchés avec le diffuseur double tube. Les dégâts observés dans cet essai ont pu être attribués au carpocapse des pommes et des poires *C. pomonella* et peuvent s'expliquer par l'absence de traitement de soutien contre ce ravageur lors des pics de vols.

REDUCTION DE L'INOCULUM

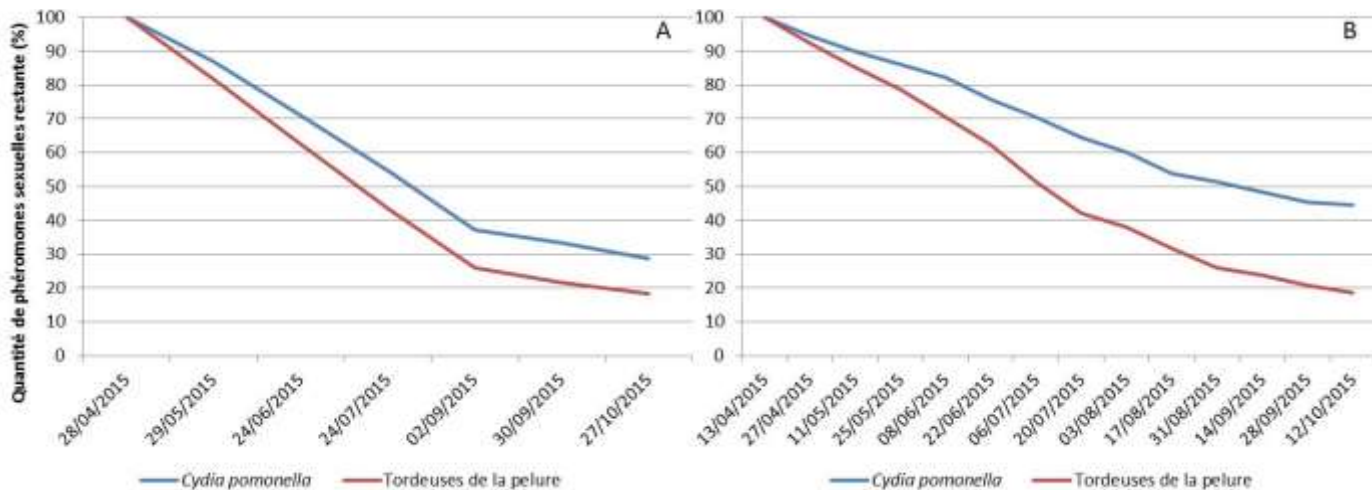
Les bandes-pièges n'ont pas ou peu capturé de larves de carpocapse des pommes et des poires *C. pomonella*, jusqu'à 3 maximum dans l'essai de Landemont (49) en 2015 (**Tableau II**), preuve que l'inoculum de ce ravageur pour la première génération de l'année suivante a été considérablement réduit. Mis en relation avec les résultats des notations de dégâts sur fruits à la récolte, cela vient confirmer l'efficacité des deux types de diffuseurs pour la confusion sexuelle du carpocapse des pommes et des poires.

COURBES DE DIFFUSION

Lors de certains essais, des diffuseurs supplémentaires ont été installés (35 à 70) dans ou proche des parcelles étudiées pour de réaliser des prélèvements réguliers par lots de cinq diffuseurs dans le but d'établir les courbes de diffusion des phéromones SCLPs présentes dans le diffuseur double tube. Après analyse par chromatographie en phase liquide-gazeuse réalisée par le fabricant japonais Shin-Etsu, deux courbes de diffusion sont présentées dans la **Figure III**. Les courbes obtenues montrent une diffusion régulière et homogène des deux types de phéromones sexuelles. La quantité de phéromones restante à la récolte est suffisante, supérieure à 20%, et cela même pour des variétés tardives potentiellement ciblées par des troisièmes générations.

Figure 3 – Courbes de diffusion du diffuseur TT obtenues en 2015 par analyse chromatographique en phase liquide-gazeuse (GLC). Les phéromones sexuelles de *C. pomonella* sont distinguées de celles des quatre tordeuses de la pelure. **A** Verger localisé à Lafrançaise (82) et **B** verger localisé à Landemont (49). Source : données Sumi Agro France.

Figure 3 – Release curves of the TT dispenser obtained in 2015 by gaz-liquid chromatography (GLC). Sexual pheromones of *C. pomonella* and the four leafrollers are distinguished. **A** Orchard located at Lafrançaise (82) and **B** orchard located at Landemont (49). Source : data from Sumi Agro France.



DISCUSSION

Les campagnes 2015 et 2016 se caractérisent par des pressions globales modérées en carpocapse des pommes et des poires ainsi qu'en tordeuses de la pelure dans les vergers étudiés. Cela s'explique par le déploiement dès 2015 du premier diffuseur mixte simple tube, qui a permis de réguler rapidement la dynamique de population de ces ravageurs résurgents. Il n'en reste pas moins que des individus adultes ont pu être capturés dans les réseaux d'épidémiosurveillance ainsi que dans les pièges attractifs équipés de capsules « combo ».

Cela met en évidence la présence d'une population de « fond » bien réelle, qui nécessite de maintenir une confusion sexuelle mixte dans ces vergers historiquement sensibles.

L'ensemble des données recueillies dans les essais terrain menés en 2015 et en 2016 sont concordantes et permettent d'apprécier l'efficacité globale de chaque type de diffuseur. En effet, la réduction voire l'inhibition des captures dans les pièges attractifs dotés de capsules classiques témoigne d'une bonne saturation de l'atmosphère en phéromones sexuelles dans les zones sous confusion. Ce résultat est confirmé à la fois par le très faible taux de dégâts observés à la récolte, proche de 0% dans la majorité des essais et tous inférieurs au seuil d'acceptabilité de 1%, sans application complémentaire d'insecticide sur les pics de vol. Et également par une diffusion régulière et homogène au cours de la saison, comme en rendent compte les courbes de diffusion établies. Par ailleurs, la bonne efficacité des diffuseurs observée au cours de la saison permet de constater un inoculum très faible de larves diapausantes de carpocapse des pommes et des poires.

CONCLUSION

Depuis les premières tentatives de contrôle de Lépidoptères ravageurs au moyen de diffuseurs passifs de phéromones sexuelles SCLPs dans les vergers il y a maintenant 50 ans, la technique a largement fait ses preuves, permettant une réduction très importante des applications d'insecticides conventionnels (Knight 1995, Weedle *et al.* 2009). Cependant, après plus de 10 années de pratique de la confusion sexuelle contre *Cydia pomonella* et avec l'évolution des spectres d'action des insecticides, certains Lépidoptères ravageurs dits 'secondaires' ont pris de l'importance et sont devenus problématiques, notamment les tordeuses de la pelure (phénomène de résurgence). Provoquant des dégâts importants dans les vergers, les producteurs se retrouvaient obligés d'appliquer à nouveau davantage de produits phytopharmaceutiques. Pour répondre à cette problématique, un nouveau diffuseur dit « mixte » a été développé pour contrôler à la fois le carpocapse des pommes et des poires *C. pomonella* ainsi que quatre tordeuses de la pelure : Capua (*Adoxophyes orana*), Pandemis (*Pandemis heparana*), Podana (*Archips podana*), Eulia (*Argyrotaenia pulchellana*). Suite à l'homologation et la commercialisation en France en 2015 de la version initiale simple tube (ST), une seconde version du diffuseur, double tube (TT), a été développée pour réduire la densité et le temps de pose. Lors des essais comparatifs réalisés sur le terrain en 2015 et 2016, les deux types du diffuseur ont démontré leur efficacité, face à une pression modérée des ravageurs ciblés. De plus, les analyses par chromatographie en phase gazeuse-liquide (GLC) d'échantillons de diffuseurs prélevés au verger ont permis d'établir les courbes de diffusion, mettant en évidence la régularité et l'homogénéité du nouveau diffuseur double tube. Grâce à cette étude et aux résultats obtenus, le dossier réglementaire d'homologation a pu être soumis aux autorités sanitaires françaises pour être évalué en vue d'obtenir son Autorisation de Mise en Marché (AMM), dernière étape avant sa commercialisation prévue en 2017.

REMERCIEMENT

Nous remercions la société Shin-Etsu pour les échanges d'informations et de données concernant ces diffuseurs.

BIBLIOGRAPHIE

Butenandt A., Beckmann R., Stamm D. & Hecker E. 1959. Über den sexual-lockstoff des seidenspinner *Bombyx mori*. Reindarstellung und Konstitution. *Z. Naturforsch*, 14b:283-284.

Gaston L. K., Shorey H. H. & Saario C. A. 1967. Insect population control by the use of pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature* 213, 1155.

- Grenier S. & Grenier A.-M. 1993.** Fenoxycarb, a fairly new Insect Growth Regulator: a review of its effects on insects. *Annals of Applied Biology*, Vol. 122, pp. 369-403.
- Gut L. J. & Brunner J.F. 1998.** Pheromone-based management of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington apple orchards. *Journal of Agricultural Entomology*, Vol. 15, pp. 387-405.
- Judd G. J.R. & Gardiner M. G.T. 2008.** Efficacy of Ismate-CM/LR for management of meafrollers by mating disruption in organic apple orchards of western Canada. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, Vol. 105, pp. 45-60.
- Knight A. L., Brunner J. F. & Alston D. 1994.** Survey of Azinphosmethyl resistance in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington and Utah. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 87(2), pp. 285-292.
- Knight A. 1995.** The impact of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) mating disruption on apple pest management in Yakima Valley, Washington. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, Vol. 92, pp. 29-38.
- Metcalf R. L. & Metcalf E. R. 1992.** Plant kairomones in insect ecology and control. *Chapman and Hall Ltd.*, Academic Press, New-York, USA, 168 p.
- Thomson D., Brunner J., Gut L., Judd G. & Knight A. 2001.** Ten years implementing codling moth mating disruption in the orchards of Washington and British Columbia: starting right and managing for success! *Pheromones for Insect Control in Orchards and Vineyards. IOBC wprs Bulletin*, Vol. 24(2), pp. 23-30.
- Varela L. G., Welter S. C., Jones V. P., Brunner J. F. & Riedl H. 1993.** Monitoring and characterization of insecticide resistance in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in four western states. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 86, pp. 1-10.
- Walker K. R. & Welter S. C. 2001.** Potential for outbreaks of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) in California apple orchards using mating disruption for codling moth suppression. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 94(2), pp. 373-380.
- Witzgall P., Stelinski L., Gut L., & Thomson D. 2008.** Codling moth management and chemical ecology. *Annual Review of Entomology*, Vol. 53, pp. 503-522.
- Witzgall P., Kirsch P. & Cork A. 2010.** Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 36, pp. 80-100.