

La confusion sexuelle chez l'eudémis *Lobesia botrana* (Lepidoptera Tortricidae). Bilan de 5 années d'expérimentation dans un vignoble bordelais

J Stockel^{1*}, V Schmitz¹, P Lecharpentier¹, R Roehrich¹,
M Torres Vila¹, U Neumann²

Avec la collaboration technique de JM Brustis, V Pronier

¹ INRA, institut de la vigne de Bordeaux, station de zoologie, F33883 Villenave-d'Ornon cedex, France;

² BASF, Landwirtschaftliche Versuchsstation, D6703 Limburgerhof, Allemagne

(Reçu le 6 juillet 1993 ; accepté le 23 décembre 1993)

Résumé — L'étude, en collaboration entre l'INRA et la société BASF, a débuté en 1989 sur un vignoble de 8 ha, et s'est poursuivie de 1990 à 1993 sur une superficie totale de 12 ha en Sauternais. L'efficacité de la méthode de confusion est évaluée par l'utilisation d'un réseau de parcelles traitées ou non traitées chimiquement. Tout le vignoble est placé sous confusion sexuelle dès la première génération, à l'exception d'une zone de 2 ha dans laquelle des diffuseurs ne sont installés qu'au début de la seconde. L'observation de la population naturelle de l'insecte sur cette zone en première génération permet d'apprécier la valeur de zones de référence non traitées, situées à 0,5 et 1,5 km de là, utilisées pour juger de l'efficacité du procédé. La méthode de confusion est globalement plus efficace qu'une protection insecticide bien conduite. Avec 500 diffuseurs/ha produisant une diffusion moyenne de l'ordre de 50 mg/ha/h, il est établi que la méthode est applicable sur une surface minimale de 10 ha en zone de vignoble, et que son efficacité présente un effet cumulatif dans le temps. Une nouvelle stratégie de lutte est proposée : i) la 1^{re} année, intervention curative spécifique sur les larves de 1^{re} génération, et protection préventive par confusion jusqu'à la récolte, sur les adultes des 2^e et 3^e vols ; ii) dès l'année suivante, emploi unique de la confusion contre les 3 générations.

Lobesia botrana / ver de la grappe / eudémis / vigne / piègeages / confusion sexuelle

Summary — A 5-year experiment in the control of the grape moth *Lobesia botrana* using mating disruption in a Bordeaux vineyard. This study was carried out in collaboration between INRA and BASF and simultaneously with the thesis of V Schmitz on mating disruption mechanisms with *L. botrana*. The experiment began in 1989 in an 8 ha vineyard and continued up to 1993 on a 12 ha area in a 'Sauternais' vineyard. Behavioural data obtained in small areas on male orientation, dispersion of both sexes, distribution of eggs and larvae on grapes, were used to define optimal conditions for practical use. This work presents a methodological particularity: the use of a variable reference plot. Pheromone dispensers were installed throughout the whole vineyard at the beginning of the 1st generation except for a 2 ha area, where they were administered at the beginning of the 2nd generation. Observations of the natural population of the insect during the 1st generation in this area were used to estimate the value of other untreated reference plots at 0.5 and 1.5 km, which were used to evaluate the final efficiency of the method. In such conditions, the efficiency of mating disruption was generally better than insecticide control. Finally, with 500 dispensers/ha that released pheromone at the average rate of 50 mg/ha/h, it was confirmed that 10 ha is the minimum surface inside a vineyard area for mating disruption use, and that the method exhibited a cumulative effect over consecutive years. A new strategy to control *L. botrana* was suggested: in the 1st year a curative intervention on the larvae of the 1st generation was combined with a preventive protection by mating disruption on adults of the 2nd and 3rd generations up to harvest. This strategy should progress to using mating disruption only on the 3 generations in the 2nd year.

Lobesia botrana / grape vine moth / vine / trapping methods / mating disruption

* Correspondance et tirés à part.

INTRODUCTION

L'eudémis, *Lobesia botrana*, est considéré comme le principal ravageur de la vigne en Europe méridionale. Les dégâts sont dus aux chenilles et varient selon la génération de l'insecte et la destination des raisins. Les chenilles de première génération qui s'attaquent aux boutons floraux ont une incidence généralement faible sur le poids et la qualité de la récolte, excepté, bien sûr, dans les vignobles à forte valeur ajoutée ou sur cépages sensibles à la coulure (Merlot par exemple). Dans la majorité des régions viticoles, cette première génération n'est pas traitée, car il s'agit tout au plus d'un éclaircissage qui compense avantageusement les effets de l'excès de vigueur.

En revanche, les chenilles de 2^e et/ou 3^e générations (dans les zones méridionales) pénètrent dans plusieurs baies. Si les dégâts directs sont parfois importants pour les raisins de table en particulier, les dégâts indirects sont toujours préjudiciables. En effet, l'action des chenilles favorisant le développement de la pourriture grise a été démontrée (Fermaud et Le Menn, 1992). Dans la plupart des zones à risque, des interventions s'imposent. Or, si la lutte curative contre les larves, bien protégées dans les baies, est souvent peu efficace, la mise en œuvre d'une lutte préventive est délicate en raison des difficultés de fixation des dates d'intervention (Stockel, 1989).

Dans ces conditions, la mise au point de méthodes de lutte non insecticide présente un intérêt incontestable pour contrôler ce type de ravageur (Smith et Pimentel, 1978). C'est la connaissance du mode de communication chimique entre les sexes qui a permis à Gaston *et al* (1967) de préconiser cette nouvelle méthode de lutte: «la confusion sexuelle». Son principe est simple: la diffusion dans l'atmosphère d'une quantité de phéromone synthétique perturbe la rencontre entre le mâle et la femelle et empêche l'accouplement, donc la ponte, et par suite le développement des chenilles. Intervenant avant l'accouplement, une telle méthode peut être qualifiée de lutte hyper-préventive.

Les mécanismes de la confusion ont donné lieu à plusieurs hypothèses, proposées en particulier par Shorey (1973), Rothschild (1981), Bartell (1982) et Cardé (1990). Leur validité a récemment été éprouvée chez l'eudémis

dans les conditions naturelles du vignoble bordelais (Schmitz, 1992). Nous avons montré que seuls la compétition entre les effluves des diffuseurs et ceux des femelles d'une part et le camouflage de la trace odorante de la femelle par celle des diffuseurs d'autre part sont responsables de la désorientation sexuelle des mâles (Schmitz, 1992; Schmitz *et al*, 1993).

Après avoir contribué à l'identification de la phéromone naturelle de l'eudémis et mis au point un composé de synthèse (Roehrich *et al*, 1976), nos premiers essais de confusion en vignoble furent réalisés à l'aide de diffuseurs de caoutchouc (Roehrich *et al*, 1979) puis de fibres creuses (Roehrich et Carles, 1982). Parallèlement, d'autres expérimentations furent conduites en Europe sur la cochyliis *Eupoecilia ambiguella* en utilisant des rubans polystratifiés (Englert, 1985; Vogt et Schropp, 1985; Charmillot *et al*, 1987), et enfin des ampoules de polyéthylène «BASF» contenant la phéromone d'une seule tordeuse, la cochyliis ou l'eudémis (Schmid et Raboud, 1991) ou bien les 2 (Charmillot et Pasquier, 1992; Brechbuhler et Meyer, 1992). Bien qu'encourageants, les premiers résultats n'étaient pas homogènes, en raison probablement d'un manque de connaissances sur le comportement de l'insecte et de problèmes liés à la diffusion de phéromone. Plusieurs essais sont actuellement entrepris sur l'eudémis, tant en Italie (Borgo, 1990; Ioratti et Vita, 1990) qu'en Suisse (Schmid et Ancay, 1990), en Espagne (Arias *et al*, 1992; Perez-Marin, 1992) ou en Grèce (Stockel, non publié).

La présente étude, réalisée en collaboration entre l'INRA et la société BASF de 1989 à 1993, sur un vignoble d'une douzaine d'hectares en Sauternais, a permis de démontrer en vraie grandeur l'efficacité de ce procédé biotechnique contre l'eudémis, d'en affiner les méthodes d'évaluation et de définir une nouvelle stratégie de lutte à proposer aux professionnels, en vue de son homologation prochaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Implantation

Les expérimentations de confusion sont conduites en bordelais sur 2 vignobles mitoyens d'AOC (ap-

pellation d'origine contrôlée) sauternes: Château d'Armajan (8 ha) et Château Le Juge (4 ha). Deux autres vignobles, Château Joncat et Château de Malle, respectivement distants de 0,5 et 1,5 km des premiers, sont utilisés comme zones de référence. Dans chaque site, la combinaison des cépages est comparable: Sémillon 70%, Sauvignon 20% et Muscadelle 10%.

Dispositifs d'essais

La diffusion de phéromone non contrôlée dans l'atmosphère et la mobilité des femelles inséminées interdisent l'expérimentation sur de petites parcelles. Il convient donc de travailler sur de grandes surfaces et non sur des dispositifs expérimentaux avec des répétitions. Dans ces conditions, les analyses statistiques habituelles ne sont plus applicables. Les évaluations comparatives d'efficacité ne sont donc possibles qu'en utilisant un réseau de 3 sortes de parcelles de référence: i) dans la zone de confusion: une parcelle indicatrice du niveau initial annuel de la population d'eudémis; ii) hors de la zone de confusion: des parcelles recevant une protection insecticide, selon différentes stratégies; et une ou plusieurs parcelles non traitées, indicatrices de la pression locale des générations successives du ravageur.

Ainsi, en 1989, l'ensemble de l'expérimentation a eu lieu au Château d'Armajan (fig 1):

- une zone de référence (Z1) de 2 ha est divisée en 3 aires, permettant des comparaisons différentes d'efficacité de la confusion: 1A: pratique viticole locale (1 traitement insecticide en G2 et G3); 1B: 1 traitement à chaque génération (G1, G2, G3); 1C: aucun traitement insecticide;

- une zone de 6 ha (Z2) est affectée à la confusion et recevra des diffuseurs à partir du vol de 2^e génération.

Par la suite, le dispositif est élargi, sans modification de la stratégie initiale.

À partir de 1990, la confusion est appliquée contre les 3 générations sur la zone 2 de d'Armajan et sur les parcelles du Juge, zone 3 (4 ha) (fig 1). La zone 1 de d'Armajan ne recevant les diffuseurs qu'au début de la seconde génération, elle renseigne sur l'importance de la population d'eudémis en G1 pour l'ensemble du site expérimental. Une nouvelle zone de référence (Joncat, Z4, 4 ha) reprend les 3 modalités précédentes. En G1, le secteur B de cette zone de référence reçoit un traitement curatif sur glomérules (Téflubenzuron, 0,66 l/ha). En G2 et G3, les secteurs A et B reçoivent un traitement curatif à action semi-préventive (Thiodicarbe, 1 l/ha).

Enfin, à partir de l'été 1991, une parcelle non traitée, au Château de Malle (1,5 km de la zone

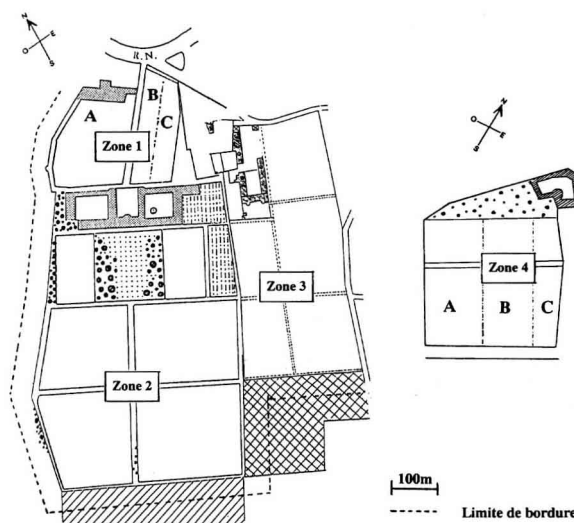


Fig 1. Définition des zones d'essai. Confusion: Château d'Armajan (Z1 et Z2) et Château Le Juge (Z3); références traitées et non traitées: Château Joncat (Z4, secteurs A, B et C).

de confusion), d'environ 0,5 ha, constitue une référence supplémentaire (Z5) permettant d'évaluer la valeur de Z4 en 2^e et 3^e générations.

La phéromone et les diffuseurs

La phéromone identifiée par Roelofs *et al* (1973) et Descoins *et al* (1974) est l'acétoxy-1-dodécadiène E7, Z9 (EZZ9-12 Ac). Elle est synthétisée par la société BASF.

Les diffuseurs, également produits par BASF, sont des ampoules de polyéthylène du même type que ceux déjà utilisés contre la tordeuse orientale du pêcher « RAK 5 » (Audemard *et al*, 1989). La charge unitaire moyenne (530 mg de 1989 à 1991) est ramenée à 310 mg à partir de 1992. Ils sont accrochés sur le fil de palissage de la vigne (0,90 cm du sol) c'est-à-dire au-dessus du niveau des grappes. Leur répartition (500 unités/ha) est effectuée tous les 3 rangs, à raison d'un diffuseur tous les 5 m sur le rang (1 diffuseur/20 m²). Par ailleurs, pour tenir compte de la mobilité des insectes (Schmitz, 1992), il convient de créer une « barrière odorante » pour les mâles. On double donc la densité des diffuseurs sur les rangs du pourtour, et la bordure extérieure (bois et vigne) au sud et à l'ouest du dispositif est pourvue de diffuseurs sur une largeur de 50 m. La date de mise en place des diffuseurs est prévue par le modèle de Roehrich *et al* (1989), qui permet de déterminer la date d'apparition des premiers papillons mâles.

Méthodes de contrôle

Contrôle de la diffusion en vignoble

La confusion des mâles n'est assurée que par la présence d'une quantité suffisante de phéromone dans l'atmosphère. Le contrôle continu de la diffusion, exprimé en mg/ha/h, est assuré par la pesée périodique de 15 diffuseurs numérotés. La perte pondérale observée permet d'estimer la vitesse de diffusion de la phéromone pendant la période considérée et d'étudier la variation durant la campagne.

Piégeage sexuel des mâles

Dans les parcelles de référence, le piégeage permet d'obtenir une image des périodes d'activité des adultes et d'estimer les effectifs de mâles. On dispose 2 pièges, modèle INRA (Stockel, 1977), appâtés de 10 µg de phéromone, dans chacune des zones d'essai et à 30 m minimum l'un de l'autre. Les dénombrements de mâles ont lieu 3 fois par semaine.

En zone de confusion, les mâles ne doivent théoriquement pouvoir localiser ni les femelles, ni les attractifs synthétiques, faiblement dosés, utilisés pour l'avertissement. Dans ces conditions, un piégeage sexuel inefficace est un indicateur simple du bon fonctionnement de la confusion.

Contrôle du taux d'accouplement

La présence d'un spermatophore dans la bourse copulatrice de la femelle est un indicateur d'accouplement. La technique des femelles attachées (Rauscher et Arn, 1978) a été utilisée en 1989 pendant les 2^e et 3^e vols. En outre, de 1989 à 1991, on a entretenu un système de 2 pièges alimentaires placés en Z1, Z2, Z3 et Z4 dès le début du second vol et jusqu'à la fin du 3^e. Les dénombrements et dissections des femelles avaient lieu 3 fois par semaine.

Contrôle des attaques larvaires

Le rôle principal de ces contrôles est de renseigner sur l'efficacité de la confusion par rapport aux différentes parcelles de référence choisies, traitées ou non. Ils sont réalisés à une période telle qu'ils peuvent aussi servir, dans ces premières expériences, d'aide à la décision de procéder en cas d'échec, à un traitement insecticide de rattrapage. Dans ces conditions, en vue de

préserver la récolte, on fixe à 10% de grappes attaquées le seuil au-dessus duquel l'intervention insecticide serait décidée en 2^e et 3^e générations.

1^{re} génération

Ce contrôle est destiné à évaluer la densité future des papillons de la 2^e génération. Après des sondages hebdomadaires, destinés à surveiller l'évolution des chenilles, on effectue le dénombrement après la fin du 1^{er} vol (observé par les piégeages sexuels en zones de référence) et lorsque la floraison atteint 30%. On compte *in situ* les « glomérules » (groupes de 3 ou 4 fleurs réunies par des fils soyeux tissés par les chenilles), sur un échantillon de 100 grappes prises au hasard dans chacune des différentes parcelles de l'essai.

2^e génération

Le contrôle a lieu dès la fin du 2^e vol : on dénombre les grappes avec pontes et/ou trous de pénétration selon le même échantillonnage qu'en 1^{er} vol. Cette évaluation est probablement sous-estimée, car il est difficile de détecter des attaques à l'intérieur des grappes en cours de fermeture.

3^e génération

Dès la fin du 3^e vol, on effectue un contrôle précoce des pontes. Puis on procède un peu plus tard, juste avant la vendange, à l'évaluation finale par un dénombrement exhaustif des chenilles extraites des baies par la technique de la saumure (Anonyme, 1983). Des échantillons de 25 grappes/parcelle sont prélevés au hasard et traités par lots de 5. Les grappes sont entièrement égrenées et les grains sont plongés pendant 1 h dans une solution saturée de chlorure de sodium. La montée des chenilles à la surface facilite les dénombrements.

Contrainte expérimentale

En vue de réaliser la première opération de confusion avec des chances maximales de succès, il convient de l'appliquer sur une population de papillons faible ou artificiellement abaissée. Compte tenu d'une charge théorique de l'ordre de 40 000 grappes/ha (4 000 ceps/ha produisant 10 grappes en moyenne), on fixe arbitrairement, lors du contrôle larvaire de 1^{re} génération, le seuil au-dessus duquel l'intervention insecticide sera nécessaire à 10% de grappes attaquées. Ce seuil correspond à la densité théorique de 4 papillons/10 m² à la génération suivante.

RÉSULTATS

Diffusion de la phéromone

En 1989, la diffusion oscille entre 110 et 250 mg/ha/h pendant les 50 premiers jours (fig 2). Comme elle chute ensuite à 35 mg/ha/h et qu'un manque de phéromone est à craindre, une application supplémentaire de diffuseurs est effectuée avant le début du 3^e vol. Dans ces conditions, un taux de diffusion de l'ordre de 70 mg/ha/h est maintenu jusqu'à la vendange.

En 1990 et 1991, les nouveaux diffuseurs utilisés assurent une diffusion légèrement plus faible en début de saison, de l'ordre de 10 à 30 mg/ha/h pendant le 1^{er} vol et plus élevée ensuite (40-60 mg/ha/h) pendant les 2 derniers vols. Cette variation correspond globalement à l'élévation de la température moyenne entre le printemps et l'été. Depuis 1992, la diffusion de phéromone est plus régulière pendant toute la durée d'activité de l'insecte. Elle est de l'ordre de 50 mg/ha/h (fig 3).

Captures dans les pièges sexuels

En 1989, le suivi des 3 vols n'est possible qu'en zone de référence (Z1) car, dès l'installation des diffuseurs (Z2), l'inhibition des captures est totale (tableau I).

À partir de 1990, on ne peut suivre convenablement l'évolution des vols que dans les nouvelles zones de référence: Château Joncat (Z4) et Château de Malle (Z5). On note cependant quelques prises (jusqu'à 12 papillons par vol) en 1990 et 1991 en Z3 nouvellement intégrée au dispositif de confusion. Il

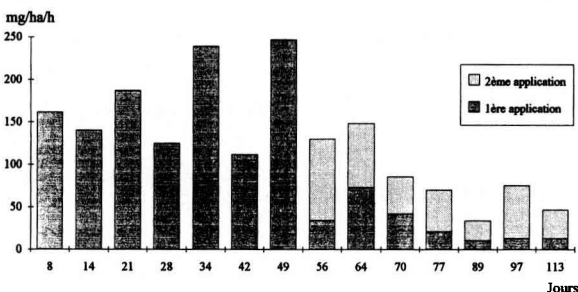


Fig 2. Évolution de la vitesse de la diffusion de phéromone en 1989.

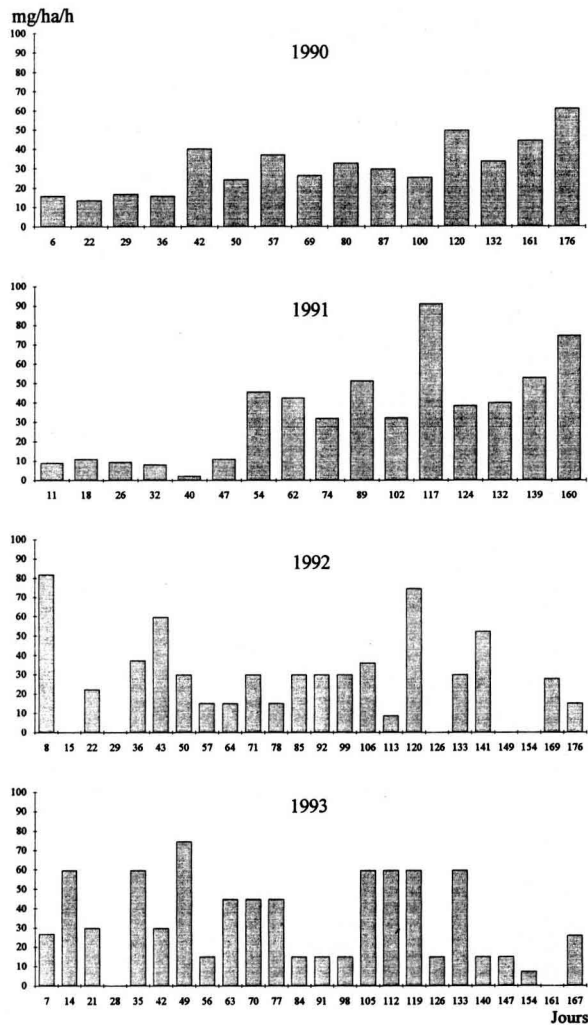


Fig 3. Évolution de la vitesse de la diffusion de phéromone de 1990 à 1993.

faut signaler que cette zone est limitée à l'est par une route derrière laquelle se trouvent des parcelles de vigne dans lesquelles il n'a pas été possible de placer des diffuseurs comme à l'ouest et au sud de Z2.

Enfin entre 1989 et 1993, on observe une diminution progressive des captures dans les zones sous confusion.

Taux d'accouplement

La technique des femelles attachées a été utilisée au cours des 2^e et 3^e vols de 1989. Elle montre des taux d'accouplement variant de 30 à 70% en zones de référence et pratiquement nuls en zone de confusion (tableau II). Bien que les résultats de cette technique soient prometteurs, la lourdeur de

Tableau I. Effectifs de mâles capturés par 2 pièges sexuels placés dans les zones de confusion et de référence. Les nombres entre parenthèses symbolisent la confusion.

	<i>Confusion</i>			<i>Référence</i>	
	<i>D'Armajan</i>		<i>Le Juge</i>	<i>Joncat</i>	<i>De Malle</i>
	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Z4</i>	<i>Z5</i>
1989	68	98	—	—	—
G1	22	(0)	9	—	—
G2	5	(0)	31	59	—
G3					
1990	34	(0)	(5)	129	338
G1	(1)	(3)	(5)	70	366
G2	(2)	(5)	(12)	150	198
G3					
1991	3	(2)	(5)	92	411
G1	(0)	(0)	(6)	53	96
G2	(1)	(1)	(7)	58	31
G3					
1992	2	(0)	(0)	82	292
G1	(0)	(0)	(0)	41	234
G2	(0)	(0)	(0)	57	149
G3					
1993	0	(0)	(0)	86	527
G1	(0)	(0)	(0)	8	94
G2	(0)	(0)	(0)	5	243
G3					

Tableau II. Contrôle du taux d'accouplement des femelles attachées pendant les 2^e et 3^e vols en 1989, dans les parcelles sous confusion et de référence.

	<i>Confusion</i>	<i>Référence</i>	
	<i>Z2</i>	<i>Z1</i>	<i>Z4</i>
2^e vol			
Total femelles	65	62	—
% inséminées	0	32	—
3^e vol			
Total femelles	55	54	52
% inséminées	2	52	71

sa mise en œuvre et de son suivi ont conduit à l'abandonner lors des années suivantes.

Les piégeages alimentaires réalisés de 1989 à 1991 pendant les 2^e et 3^e vols ont permis de capturer des femelles (tableau III) et des mâles (tableau IV).

Si le taux global d'accouplement est de 93% dans les zones de référence, il atteint seulement 57% en confusion (tableau V), soit une diminution relative de l'ordre de 39%.

On observe en outre que les effectifs de femelles capturées diminuent progressivement au cours des 3 années en zone de confusion, alors qu'ils se maintiennent à un niveau relativement plus élevé dans les zones de référence (tableau III) et on en dénombre globalement moins (diminution de 43%) en zones de confusion (tableau V).

Concernant les mâles, la diminution des captures (52%) en zones de confusion va donc dans le même sens (tableau V).

Attaques larvaires

En 1989 (tableau VI), le dénombrement de glomérules effectué à la fin du 1^{er} vol indique un taux de 13% de grappes attaquées en

Tableau III. État sexuel des femelles capturées dans 2 pièces alimentaires. Les nombres entre parenthèses symbolisent la confusion.

		<i>D'Armajan</i>		<i>Le Juge</i>	<i>Joncat</i>
		Z1	Z2	Z3	Z4
<i>1989</i>					
G2	Total	35	(60)	–	–
	Inséminées	33	(19)		
G3	Total	17	(8)	–	37
	Inséminées	17	(4)		37
<i>1990</i>					
G2	Total	(17)	(12)	(22)	87
	Inséminées	(4)	(8)	(13)	78
G3	Total	(16)	(23)	(21)	152
	Inséminées	(16)	(20)	(19)	145
<i>1991</i>					
G2	Total	(6)	(8)	(11)	28
	Inséminées	(4)	(4)	(2)	22
G3	Total	(0)	(2)	(8)	17
	Inséminées	–	(2)	(8)	15

Tableau IV. Effectifs de mâles capturés dans 2 pièges alimentaires. Les nombres entre parenthèses symbolisent la confusion.

	<i>D'Armajan</i>		<i>Le Juge</i>	<i>Joncat</i>
	Z1	Z2	Z3	Z4
<i>1989</i>				
G2	23	(39)	–	–
G3	25	(5)	–	45
<i>1990</i>				
G2	(8)	(22)	(13)	103
G3	(13)	(32)	(19)	146
<i>1991</i>				
G2	(2)	(6)	(6)	19
G3	(0)	(10)	(6)	19

zone de référence (Z1 C). Le seuil critique fixé étant dépassé, le traitement insecticide est décidé dans le secteur B de la zone 1 de référence et dans toute la zone 2 pour n'appliquer la première opération de confusion que sur des populations de niveau faible.

Dans ces conditions, en 2^e et 3^e générations, « l'effet confusion » apparaît clairement par comparaison avec les secteurs de réf-

Tableau V. Effectifs totaux de papillons d'eudémis capturés dans 2 pièges alimentaires.

	<i>Confusion</i>	<i>Référence</i>	<i>Diminution (%)</i>
Mâles	181	380	52
Femelles			
Total	214	373	43
Inséminées	123	347	65
Taux d'accouplement	57%	93%	39%

rence. La diminution des attaques sous confusion par rapport à celles des références varie de 75 à 82% en G2 et atteint 93% en G3, quelles que soient les références utilisées.

La zone 1 (Z1 d'Armajan) en 1990 (tableau VII) est fortement attaquée en 1^{re} génération (36%). Elle reçoit un traitement insecticide, dont l'action, combinée à celle de la phéromone, réduit le taux d'attaque à 3% en 2^e génération. On y dénombre ensuite 16 larves/100 grappes en 3^e génération. La même situation se présente en 1991 et aboutit à 8 larves/100 grappes en 3^e génération.

En 1992 et 1993, les niveaux d'attaques larvaires de 1^{re} génération en Z1 sont telle-

Tableau VI. Importance des attaques larvaires en 1989 en fonction des méthodes de lutte utilisées.

		<i>Confusion</i>		<i>Références</i>	
		<i>Zone 2</i>	<i>Secteur A</i>	<i>Zone 1 Secteur B</i>	<i>Secteur C</i>
G1	Moyen de lutte glom/100 grappes	Tef —	— —	Tef —	— 13
G2	Moyen de lutte % grappes attaquées	Conf 3	Méthi 22	Méthi 16	— 39
G3	Moyen de lutte % grappes portant 1 ponte larves/100 grappes	Conf 5 7	Méthi 55 —	Méthi 55 —	— 56 100

CONF (confusion sexuelle); METHI (méthidathion); TEF (téflubenzuron).

ment bas (4 et 2%) qu'il est inutile d'effectuer le traitement curatif.

Dans la zone 2 (Z2 d'Armajan), les attaques en G1 sont hétérogènes, ce qui conduit à diviser cette zone en 2 secteurs: « Ouest » (14% d'attaques en moyenne), où un traitement insecticide est décidé, et « Central » (5%), où l'action unique de la confusion peut être observée. Les résultats en G3 sont alors légèrement inversés: respectivement 0 et 22 larves/100 grappes en 1990 et 15 et 9 en 1991.

En zone 3 (Z3 Le Juge), si le taux d'attaque de 1^{re} génération (42%) en 1990 nécessite une application insecticide, il ne diminue pas assez en 1991 (14%) pour l'éviter. La situation dans cette zone nouvellement sous confusion est donc comparable à celle du secteur de bordure « ouest » de la zone 2.

Dans toutes les zones sous confusion, on observe de 1989 à 1993 une diminution progressive (jusqu'à 0%) des attaques et des niveaux de populations larvaires.

Dans les secteurs traités de Z4, les populations larvaires observées en 1990 et 1991 correspondent globalement à la stratégie de lutte insecticide appliquée: elle est toujours plus élevée en A (2 traitements) qu'en B (3 traitements). Toutefois, compte tenu d'une baisse naturelle de population, un traitement seulement est effectué dans ces 2 secteurs en 1992 contre la 3^e génération. Fin 1993 (G3), les attaques y deviennent nulles, comme dans les zones sous confusion.

Enfin, les dénombrements en zones de référence non traitées Z4 C (Joncat) et Z5 (Malle) confirment la diminution naturelle de la population d'eudémis dans la région à partir de 1992. Toutefois, bien que faible, le niveau n'y est pas négligeable.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'originalité de ces essais est d'ordre méthodologique, par l'emploi combiné de plusieurs types de parcelles de référence permettant d'évaluer l'efficacité du procédé de confusion, mais aussi son évolution dans le temps. Le choix de ces parcelles est un point délicat. Elles ne doivent pas être trop proches de la zone de confusion pour ne pas subir l'action de la phéromone d'une part, et ne pas constituer une source de réinfestation par des femelles inséminées d'autre part. En revanche, si elles sont trop éloignées, des facteurs d'hétérogénéité tels que la densité de population, les conditions microclimatiques et les autres facteurs intervenant dans la dynamique de population de l'insecte peuvent rendre la comparaison impossible (Roerich et Carles, 1987).

Parmi les méthodes de contrôle, si la technique des femelles attachées avec une réduction du taux d'accouplement proche de 100% (tableau II) est très satisfaisante, elle est aussi très coûteuse en temps. Elle né-

Tableau VII. Importance des attaques larvaires de 1990 à 1993 en fonction des stratégies (A, B, C) et méthodes utilisées : CONF (confusion sexuelle); TEF (Téflubenzuron); THI (Thiodicarbe).

		Confusion					Référence			
		D'Armajan Zone 1	Zone 2	Le Juge Zone 3		A	B	Joncat Zone 4	Malle Zone 5	
			Ouest	Central				C		
1990										
G1	Moyen lutte	TEF	Conf + Tef	Conf	Conf + Tef	–	Tef	–	–	
	% attaque	36	14	5	42	–	–	42	–	
G2	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	Thi	Thi	–	–	
	% attaque	3	1	1	15	27	15	26	–	
G3	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	Thi	Thi	–	–	
	larves/100 grappes	16	0	22	13	50	26	255	–	
1991										
G1	Moyen lutte	Tef	Conf+Tef	Conf	Conf+Tef	–	Tef	–	–	
	% attaque	17	20	10	14	35	30	27	–	
G2	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	Thi	Thi	–	–	
	% attaque	12	9	11	14	28	17	40	–	
G3	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	Thi	Thi	–	–	
	larves/100 grappes	8	15	9	16	16	12	300	290	
1992										
G1	Moyen lutte	–	Conf	Conf	Conf	–	–	–	–	
	% attaque	4	2	3	2	–	–	7	35	
G2	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	–	–	–	–	
	% attaque	2	0	1	1	12	7	6	33	
G3	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	Thi	Thi	–	–	
	larves/100 grappes	2	3	4	2	8	8	12	48	
1993										
G1	Moyen lutte	–	Conf	Conf	Conf	–	–	–	–	
	% attaque	2	2	4	2	10	9	15	47	
G2	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	–	–	–	–	
	% attaque	2	0	0	1	–	–	–	9	
G3	Moyen lutte	Conf	Conf	Conf	Conf	–	–	–	–	
	larves/100 grappes	0	0	0	0	0	0	4	56	

cessite en effet de nombreuses répétitions destinées à couvrir la totalité d'un vol et se limite donc à un emploi ponctuel sans transfert possible dans la pratique. L'examen de l'état sexuel des femelles capturées au piège alimentaire (tableau III) semblerait plus utilisable, mais les résultats obtenus (39% de réduction globale des accouplements) sont plus faibles et moins fiables (tableau V). Les taux de femelles inséminées, en zones de confusion, n'ont qu'une valeur relative, car cette méthode d'échantillonnage ne tient pas compte du comportement

des femelles vierges : ces dernières, peu mobiles, sont en effet beaucoup moins attirées par les attractifs alimentaires que les femelles inséminées (Stockel *et al*, 1989). Le piégeage alimentaire n'apparaît donc pas comme un bon indicateur de la population d'eudémis, confirmant ainsi les observations de Roehrich (1981).

En revanche, s'il est généralement admis que l'absence de captures au piège sexuel témoigne de la désorientation des mâles, et par suite d'un bon fonctionnement apparent de la confusion (Charmillot *et al*, 1987), il est

Tableau VIII. Bilans annuels d'efficacité de la confusion par comparaison des nombres de chenilles/100 grappes en 3^e génération.

	Référence		Confusion	
	Stratégie de lutte	Nombre de chenilles/100 grappes	Nombre de chenilles/100 grappes	Efficacité relative (%)
1989				
0 insecticide	100	7	93	
1990				
0 insecticide	255	14	95	
1 insecticide G2, G3	50		72	
1 insecticide G1, G2, G3	26		46	
1991				
0 insecticide (Joncat)	300	12	96	
0 insecticide (Malle)	290		96	
1 insecticide G2, G3	16		25	
1 insecticide G1, G2, G3	12		0	
1992				
0 insecticide (Joncat)	6	3	50	
0 insecticide (Malle)	48		94	
1 insecticide G2, G3	12		75	
1 insecticide G1, G2, G3	7		57	
1993				
0 insecticide (Joncat)	4	0	100	
0 insecticide (Malle)	56		100	

nécessaire que cette inhibition des captures soit totale. Au-delà de 5 à 10 papillons capturés par vol dans un piège appâté avec une faible dose de phéromone, comme c'est le cas à l'est du dispositif (Z3) (tableau I), la protection est moins efficace (tableau VII).

Dans ces conditions, au cours de ces 5 années d'expérimentation, par rapport aux parcelles ne recevant ni phéromone ni insecticide (Z4 C et Z5), l'efficacité globale de la confusion dépasse 90% (tableau VIII).

Il apparaît de plus que la confusion assure une protection de la vigne contre l'eudémis supérieure ou au moins équivalente à la lutte chimique curative, selon les 2 stratégies éprouvées : soit un traitement en G1, G2 et G3 (0 à 57% d'efficacité) soit un traitement en G2 et G3 (25 à 75%). On sait cependant que l'efficacité optimale de la plupart des insecticides est obtenue en application préventive (Charmillot *et al*, 1987). Or il faut bien constater que c'est la tendance actuelle de la lutte chimique contre l'eudémis, même si cette pratique est incompatible avec l'un des principes de la protection intégrée qui est la prise en compte des seuils de dégâts tolérables.

Dans ce contexte, l'avantage majeur de la confusion est lié à son action préventive d'une part, et à la souplesse de sa mise en œuvre d'autre part. Contrairement à un régulateur de croissance d'insecte par exemple, dont l'application doit impérativement être effectuée en période de pré-oviposition, la mise en place des diffuseurs en vignoble doit seulement être effectuée avant le début du 1^{er} vol, dont la date est aisément prévisible par sommation thermique (Roehrich *et al*, 1989).

L'efficacité de la méthode présente des effets cumulatifs d'année en année. On voit par exemple qu'entre 1989 et 1993 les effectifs moyens de mâles capturés par un piège sexuel diminuent sensiblement en Z1, alors qu'ils se maintiennent globalement à un niveau plus élevé en Z4 et Z5 (tableau I). Il en est de même pour celui des femelles capturées au piège alimentaire entre 1989 et 1991 (tableau III). Ces observations vont dans le même sens que l'efficacité globale évoquée plus haut (tableau VIII). Il apparaît ainsi que, contrairement à la lutte chimique classique utilisable de manière plus ou moins

régulière selon la pression du ravageur, ou divers facteurs socio-économiques ponctuels, l'emploi de la confusion fait appel à la notion de continuité. On doit impérativement l'envisager sur plusieurs années pour bénéficier de ses avantages.

Le seuil d'intervention insecticide que nous étions initialement fixé à 10% de grappes attaquées en 1^{re} génération pour appliquer la confusion s'est avéré correct dans ces essais. Nous confirmons ainsi que la condition essentielle de son efficacité optimale est de n'employer au départ cette méthode que sur des populations initialement basses (Charmillot *et al*, 1987), ou artificiellement réduites par insecticides (Neumann, 1994).

En conclusion, avec moins de 200 g de phéromone/ha, répartie en 500 diffuseurs qui assurent une diffusion moyenne de l'ordre de 50 à 60 mg/ha/h pendant toute la période d'activité de l'eudémis (6 mois en Bordelais), il est établi que la méthode de confusion est applicable sur une surface de l'ordre de 10 ha en zone de vignoble.

Compte tenu de ces résultats, une stratégie nouvelle de lutte non insecticide contre l'eudémis pourra prochainement être proposée aux viticulteurs dont les pratiques phytosanitaires devront être modifiées : lors d'une 1^{re} année, il convient d'effectuer une intervention curative sur les larves de première génération ; la lutte sera ensuite préventive par confusion sur les adultes des 2^e et 3^e vols. Cette stratégie devrait normalement évoluer, dès l'année suivante, vers l'emploi de la seule confusion contre les 3 générations. On peut alors raisonnablement envisager de parvenir, dès la quatrième ou cinquième année, à une diminution importante de la quantité nécessaire de phéromone/ha (nombre de diffuseurs/ha et/ou charge unitaire). À terme, l'« effet confusion » pourrait être maintenu dans les zones traitées par la diffusion d'une dose/ha minimale à déterminer.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à Mme F Guix de Pinos, MM M Perromat et C Bon pour leur avoir fait confiance et permis d'expérimenter en toute liberté dans leurs vignobles. Ils n'oublient pas aussi P Sterna, régisseur du Château de

Malle, qui a autorisé l'utilisation des données météorologiques de la station automatique pour modéliser en continu les générations d'eudémis. Grâce à sa collaboration, un réseau de parcelles de références pour juger de l'efficacité de la confusion a pu être établi. Ils remercient enfin tous les collègues de la station de zoologie, et en particulier P Anglade, pour la révision critique du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Anonyme (1983) Méthode d'essai d'efficacité pratique de produits insecticides contre les tordeuses de la grappe Eudémis (*Lobesia botrana* Schiff) et Cochylis (*Clysia ambiguella* HB). Commission des essais biologiques (n° 100). Sté Fr Phytiatr Phytopharm
- Arias A, Bueno M, Nieto J *et al* (1992) Essais de confusion sexuelle contre *Lobesia botrana* Den et Schiff en 1989 et 1990 dans le vignoble de Tierra de Barros (Espagne). *Bull OILB/SROP* 15, 2, 18
- Audemard H, Leblon C, Neumann U, Marboutie G (1989) Bilan de 7 années d'essais de lutte contre la tordeuse orientale du pêcher *Cydia molesta* Busck (Lep Tortricidae) par confusion sexuelle des mâles. *J Appl Entomol* 108, 191-207
- Bartell RJ (1982) Mechanisms of communication disruption by pheromone in the control of the *Lepidoptera*: a review. *Physiol Entomol* 7, 353-364
- Borgo M (1990) Expériences de lutte contre les tordeuses de la grappe par confusion sexuelle dans la Vénétie orientale. *Bull OILB/SROP* 13, 7, 85-88
- Brechbuhler C, Meyer E (1992) Essais de lutte contre les tordeuses de la grappe (Eudémis, Cochylis, Eulia) par confusion sexuelle. *Bull OILB/SROP* 15, 2, 21
- Cardé RT (1990) Principles of mating disruption. In: *Behaviour modifying chemicals for insect management. Applications of pheromones and other attractants* (Ridgway, Silverstein, Inscoe, eds). Dekker Inc, New York, 41-47
- Charmillot PJ, Bloesch B, Schmid A, Neumann U (1987) Lutte contre la Cochylis de la vigne *Eupoecilia ambiguella* Hb par la technique de confusion sexuelle. *Rev Suisse Vitic Arboric* 19, 3, 155-164
- Charmillot PJ, Pasquier D (1992) Deux ans de lutte par la technique de confusion appliquée simultanément contre *Eupoecilia ambiguella* Hb et *Lobesia botrana* Den et Schiff au moyen des ampoules BASF. *Bull OILB/SROP* 15, 2, 22

- Descoins C, Lalanne-Cassou B, Samain D (1974) Sur des attractifs sexuels synthétiques pour l'eudémis de la Vigne *Lobesia botrana* Schiff (Lépidoptère *Tortricidae*). *C R Acad Sci (D)* 279, 907-910
- Englert WD (1985) Freilandversuche mit dem synthetischen Pheromon Z-9-DDA zur Verwirrung der Männchen des Einbindigen Traubenwicklers *Eupoecilia ambiguella* Hb. *Gesunde Pflanzen* 11, 461-471
- Fermaud M, Le Menn R (1992) Transmission of *Botrytis cinerea* to grapes by Grape Berry Moth larvae. *Am Phytopathol Soc* 82, 12, 1393-1398
- Gaston LK, Shorey HH, Saario C (1967) Insect population control by use of sex pheromones to inhibit orientation between sexes. *Nature* 213, 1155
- Ioriatti C, Vita G (1990) Résultats préliminaires d'un essai de lutte par confusion sexuelle contre le ver de la grappe *L. botrana* Schiff dans un vignoble du Trentin. *Bull OILB/SROP* 13, 7, 80-84
- Neumann U (1994) How to achieve better results with the mating disruption technique. *Bull OILB/SROP* (sous presse)
- Perez-Marin JL (1992) Lutte contre *Lobesia botrana* par la technique de confusion sexuelle dans la Rioja (Espagne). *Bull OILB/SROP* 15, 2, 19
- Rauscher S, Arn H (1978) Mating inhibition in tethered females of *Eupoecilia ambiguella* by evaporation of (Z)-9 dodecenyl acetate in the field. *C R Réunion Avignon, Publ INRA*, 134-137
- Roehrich R (1981) Travaux du sous groupe « Tordeuses de la grappe » : Lotta integrata in viticoltura. *Boll Zool Agr Bachic* 11, 7-34
- Roehrich R, Carles JP, Darrioumerle Y, Pargade P, Lalanne-Cassou B (1976) Essais en vignoble de phéromones de synthèse pour la capture des mâles de l'eudémis (*Lobesia botrana* Schiff) *Ann Zool Ecol Anim* 8 473-480
- Roehrich R, Carles JP, Tresor C, De Vathaire MA (1979) Essais de « confusion sexuelle » contre les tordeuses de la grappe, l'eudémis *Lobesia botrana* Den et Schiff et la cochyliis *Eupoecilia ambiguella* Hb. *Ann Zool Ecol Anim* 11, 4, 659-675
- Roehrich R, Carles JP (1982) Essai de confusion sexuelle en vignoble contre l'eudémis de la vigne *Lobesia botrana* Schiff. *Coll de l'INRA* 7, 361-371
- Roehrich R, Carles JP (1987) Biological observations during mating disruption experiments of *Lobesia botrana*. *Bull SROP/OILB* 45-46
- Roehrich R, Carles JP, Stockel J (1989) Essai de prévision pour la pose de pièges sexuels pour le premier vol de *Lobesia botrana*. Extension pour les 1^{res} éclosions. Plant protection problems and prospects of integrated control in viticulture. (Int Symp Lisboa), Ed Cavalloro, Office for Official Pub of the European Communities, EUR 11548, 725-729
- Roelofs W, Kochansky S, Cardé R, Arn H, Rauscher S (1973) Sex attractant of the grapevine moth *Lobesia botrana*. *Mitt Schweiz Ent Ges* 46, 71-73
- Rothschild GHL (1981) Mating disruption of Lepidopterous pests: current status and future prospects. In: *Management of insects pests with semio-chemicals: concept and practice* (ER Mitchell, ed) Plenum, New York, 201-228
- Schmid A, Ancay A (1990) Essai de confusion contre l'eudémis *Lobesia botrana* dans le vignoble valaisan. *Bull OILB/SROP* 13, 7, 76-79
- Schmid A, Raboud G (1991) Essais de confusion contre *Lobesia botrana* dans le vignoble de Sierre (Valais) en 1989 et 1990. *Bull OILB/SROP* 15, 2, 23
- Schmitz V (1992) Contribution à l'étude du mécanisme de la confusion sexuelle des mâles chez l'insecte. Application à la mise au point du procédé biotechnique de lutte contre l'eudémis de la vigne *Lobesia botrana* Den et Schiff. Thèse ENSA Rennes, 150 p
- Schmitz V, Roehrich R, Stockel J (1993) Étude du mécanisme de la confusion sexuelle chez l'eudémis de la vigne *Lobesia botrana* Den et Schiff. I. Rôles respectifs de la compétition, du camouflage de la piste odorante et de la modification du signal phéromonal. *J Appl Entomol* (sous presse)
- Shorey HJ (1973) Behavioural response to insect pheromones. *Ann Rev Entomol* 18, 349-380
- Smith EH, Pimentel D (1978) *Pest Control Strategies*. Academic Press Inc, New York, 334 p
- Stockel J (1977) Mise au point d'un type de piège sexuel « INRA » pour insectes. In: *Les phéromones sexuelles des Lépidoptères*. C R Réunion Bordeaux, 13-16 oct 1976, Publ INRA, 12-14
- Stockel J (1989) Raisonons la lutte contre les vers de la grappe. *Adalia* 11/12, 10-15
- Stockel J, Gabel B, Carles JP (1989) Description of a new olfactometer device for the ethological study of *Lobesia botrana*. In: *Plant protection problems and prospects in integrated control in viticulture* (Int Symp Lisboa), Ed Cavalloro, Office for Official Pub of the European Communities, EUR 11548, 832 p
- Vogt H, Schropp A (1985) Freilandversuche zur Bekämpfung des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella* Hbn) mit Hilfe der Konfusions methode. *Gesunde Pflanzen* 10, 430-439