

# Evolution de la lutte phéromonale contre les vers de la grappe

Th. DEGEN, A. CHEVALLIER et S. FISCHER, Agroscope RAC Changins, CP 1012, CH-1260 Nyon 1

@ E-mail: [thomas.degen@rac.admin.ch](mailto:thomas.degen@rac.admin.ch)  
Tél. (+41) 22 36 34 385.

## Résumé

Les stratégies de protection contre les vers de la grappe, eudémis *Lobesia botrana* et cochylys *Eupoecilia ambiguella*, les deux ravageurs prédominants des vignobles d'Europe centrale, sont en pleine évolution. Cet article passe en revue les diverses méthodes de lutte au moyen des phéromones sexuelles, passées, présentes ou actuellement en phase de développement: piégeage de masse, attracticide, autostérilisation, confusion sexuelle (conventionnelle, poursuite de fausses pistes, formulations micro-encapsulées, autoconfusion). Le mode d'action théorique de chaque technique est décrit, et ses avantages et désavantages discutés. Enfin, une appréciation générale des divers procédés selon différents critères (efficacité, coûts, travail, etc.) est proposée.

## Introduction

L'usage souvent abusif des insecticides de synthèse, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, a eu d'importants impacts sur l'environnement et conduit régulièrement à l'apparition de résistances. Dès le début des années soixante, l'analyse des phéromones des insectes, ces odeurs permettant la communication entre les individus d'une même espèce, ouvrait une voie nouvelle dans la lutte contre les ravageurs, aboutissant, au cours de la décennie 1980, à l'introduction des premiers diffuseurs commerciaux pour la confusion sexuelle en arboriculture fruitière.

L'usage de phéromones synthétiques contre les vers de la grappe, les tordeuses eudémis *Lobesia botrana* et cochylys *Eupoecilia ambiguella*, qui sont actuellement les plus importants ravageurs du vignoble européen, est plus récent. Cet article en décrit les diverses méthodes, qu'elles soient pratiquées aujourd'hui déjà, ou qu'elles soient en phase d'évaluation en vue d'une application future. Le travail est complété par une comparaison générale de ces alternatives selon différents critères d'évaluation.

## Emploi des phéromones sexuelles

Comme chez la plupart des papillons nocturnes, les femelles des deux tordeuses de la vigne utilisent des phéromones spécifiques pour attirer l'autre sexe. En s'efforçant de demeurer à l'intérieur du faisceau odorant émis par une femelle, le mâle remonte les courants d'air pour retrouver cette partenaire (fig.1). Des chercheurs de la Station fé-

dérale de Wädenswil sont parvenus à caractériser les phéromones des deux espèces (Arn *et al.*, 1988). Commercialisées aujourd'hui sous forme synthétique, ces substances peuvent être utilisées pour une lutte directe contre les vers de la vigne. Le but à atteindre est d'empêcher les accouplements, soit en créant une confusion sexuelle par émission intense de phéromones, les femelles ne pouvant alors plus être localisées par les mâles, soit en attirant ces

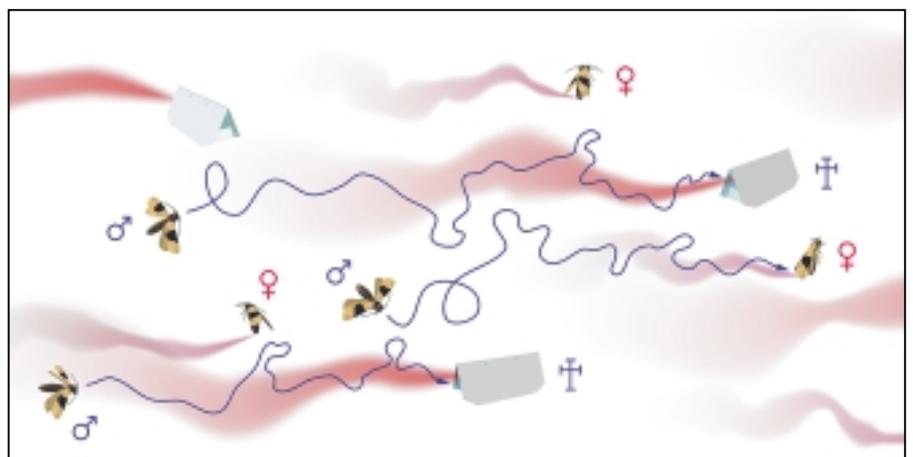


Fig. 1. Piégeage de masse (mass trapping).

**Tableau 1. Paramètres caractérisant les diverses techniques de lutte contre les vers de la grappe à base de phéromones sexuelles.**

| Méthode                                   | Produit (firme)                  | Nombre de sources phéromonales par ha | Charge phéromonale (mg/source) | Nombre d'applications par an | Quantité totale de phéromones (g/ha/an) |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|
| Piégeage de masse                         | Capsules d'avertissement         | 100 <sup>b</sup>                      | 0,2 <sup>c</sup>               | 2                            | 0,04                                    |
| Attracticide                              | Lastcall (IPM Tech) <sup>a</sup> | 3000                                  | 0,2 <sup>c</sup>               | 2                            | 1,2                                     |
| Autostérilisation                         | Pas disponible                   | 3000                                  | 0,2 <sup>c</sup>               | 2                            | 1,2                                     |
| Confusion traditionnelle                  | Isonet LE (Shin-Etsu)            | 500                                   | 364                            | 1                            | 182                                     |
|   | RAK 1+2 (BASF)                   | 500                                   | 502 <sup>d</sup>               | 1                            | 251 <sup>e</sup>                        |
| Confusion par poursuite de fausses pistes | Ecodian (Isagro) <sup>a</sup>    | 2000                                  | 20                             | 2                            | 80                                      |
| Confusion avec microcapsules              | (Suterra) <sup>a</sup>           | 133 000 000 <sup>f</sup>              | 0,0003 <sup>f</sup>            | 4                            | 160                                     |
| Autoconfusion                             | Exosex (Exosect) <sup>a</sup>    | 60 <sup>b</sup>                       | 0,35 <sup>c</sup>              | 2                            | 0,04                                    |

Les quantités concernent seulement la somme des deux composantes principales des phéromones, E7,Z9-12:Ac pour eudémis et Z9-12:Ac pour cochylis. Pour les produits en stade expérimental, elles ne sont données qu'à titre indicatif.

<sup>a</sup>Produits expérimentaux.

<sup>b</sup>Total; pièges séparés pour les deux espèces.

<sup>c</sup>Composantes mineures peuvent s'ajouter, mais ne sont pas incluses ici pour faciliter la comparaison.

<sup>d</sup>590 mg pour le produit formulé.

<sup>e</sup>295 g pour le produit formulé.

<sup>f</sup>Estimation basée sur le diamètre moyen des microcapsules de 90 µm.

derniers par des dispositifs spéciaux, dans le but de les tuer ou de les stériliser. Les techniques diffèrent par la densité des «sources odorantes» à l'hectare et leur charge phéromonale, par le nombre d'applications annuelles nécessaires et en conséquence par la quantité totale de phéromones requise par unité de surface (tabl.1).

Certains avantages sont communs à toutes les techniques de lutte par phéromones, notamment l'absence de toxicité pour l'utilisateur, la spécificité d'activité et l'absence de résidus sur les fruits, autant d'atouts qui en font l'instrument rêvé d'une lutte intégrée ou biologique. Toutefois, ces techniques présentent également des faiblesses par rapport à l'emploi d'insecticides classiques. Ainsi, les phéromones agissent sur des papillons mobiles et non sur leurs chenilles qui causent les dégâts à un niveau localisé. De ce fait, si l'on peut effectivement empêcher les accouplements sur une surface traitée par phéromones, on ne peut éviter que des femelles fécondées ailleurs n'immigrent et y pondent. Par conséquent, ces méthodes ne sont applicables qu'à des vignobles bien isolés, ou sur des surfaces d'au moins 5 à 10 ha d'un seul tenant, dont les bordures sont particulièrement bien protégées. Cela implique que le choix de pratiquer une lutte à base de phéromones ne peut pas être pris par un seul viticulteur, du moins dans les conditions helvétiques au parcellaire très morcelé, mais doit être décidé au niveau d'une commune entière ou d'un terroir.

D'autre part, les sources artificielles de phéromones étant en compétition avec les femelles «appelantes», leur efficacité diminue lorsque la densité de population est élevée, car les mâles ont alors plus d'occasions de rencontrer une de leurs partenaires par hasard. Enfin, la spécificité de la lutte par phéromones, de prime abord avantageuse par rapport à la sélectivité limitée d'une lutte chimique classique, peut conduire à l'augmentation des effectifs d'un autre ravageur, demeuré discret jusque-là, mais contre lequel la culture n'est désormais plus protégée.

Par ailleurs, il n'est pas exclu qu'une sorte de résistance puisse également se développer contre les techniques de lutte à base de phéromones (Evenden et Haynes, 2001), selon le même principe qu'envers un insecticide. L'usage constant de phéromones synthétiques sur une population d'insectes, dont les individus présentent toujours une certaine variabilité génétique, pourrait sélectionner quelques femelles qui produisent un bouquet phéromonal différant du type, ainsi que les rares mâles qui y répondent (Roelofs *et al.*, 2002). Ce risque est accru si le bouquet de phéromones synthétiques utilisé est incomplet, surtout s'il lui manque certaines composantes essentielles du mélange émis par les femelles. Cependant, dans un tel cas, une composition plus précise des phéromones synthétiques devrait aisément pallier une telle modification du système de communication des papillons, et le fonctionnement de la méthode ne serait pas fondamentalement remis en cause (Mochizuki *et al.*, 2002).

## Piégeage de masse (mass trapping)

Intuitivement, le moyen le plus évident d'utiliser les phéromones pour la lutte contre des ravageurs est d'attirer et de détruire de grandes quantités de mâles: ce «piégeage de masse» a effectivement été l'un des premiers concepts de lutte par phéromones. L'objectif est d'éliminer une grande proportion des mâles en les attirant sur une plaque engluée ou dans un piège à eau garnis d'une capsule émettrice de phéromones, afin d'abaisser le taux d'accouplement (fig.1). Malheureusement, les applications pratiques ont souvent été décevantes, car un mâle éliminé n'entraîne pas automatiquement une femelle fécondée de moins, en tout cas chez les espèces polygames telles que cochylis et eudémis. Dans ce cas, une très forte proportion des mâles devrait être piégée pour aboutir à une réduction significative des accouplements; la densité de pièges nécessaires pour concurrencer efficacement les femelles est alors si élevée que le système en devient économiquement irréaliste.

Le piégeage de masse n'est donc guère praticable pour la majorité des lépidoptères, comme il a été démontré par Charmillot et Baggiolini (1975) avec le carpocapse des pommes. Cette technique connaît toutefois un certain succès contre d'autres groupes d'insectes, notamment les scolytes, où les deux sexes peuvent être attirés par des phéromones d'agrégation.

## Attracticide (*attract-and-kill*)

L'attracticide répond à la problématique posée par le piégeage de masse dans le chapitre précédent, car il permet de disposer d'une plus grande densité de sources de phéromones en compétition avec les femelles appelantes (tabl.1). Les produits sont formulés en une pâte visqueuse contenant la phéromone et un insecticide à action de choc, généralement un pyréthrianoïde, destiné à tuer ou invalider les papillons mâles par contact. Des gouttes de cette pâte sont déposées sur les plantes avec un applicateur manuel, ce qui rend l'opération assez laborieuse (tabl. 2). L'efficacité observée provient d'un double mécanisme: primo, en suivant ces fausses pistes odorantes, les mâles sont détournés des femelles, secundo, ceux qui entrent en contact avec une goutte sont éliminés de la population (fig. 2).

Par rapport à des insecticides classiques, les avantages d'un attracticide sont une excellente sélectivité vis-à-vis du ravageur visé et l'absence de résidus sur les fruits. Comparé à la confusion sexuelle traditionnelle, la quantité de phéromones utilisée est nettement réduite (tabl.1) et l'efficacité devrait être meilleure sur des parcelles petites et de forme irrégulière.

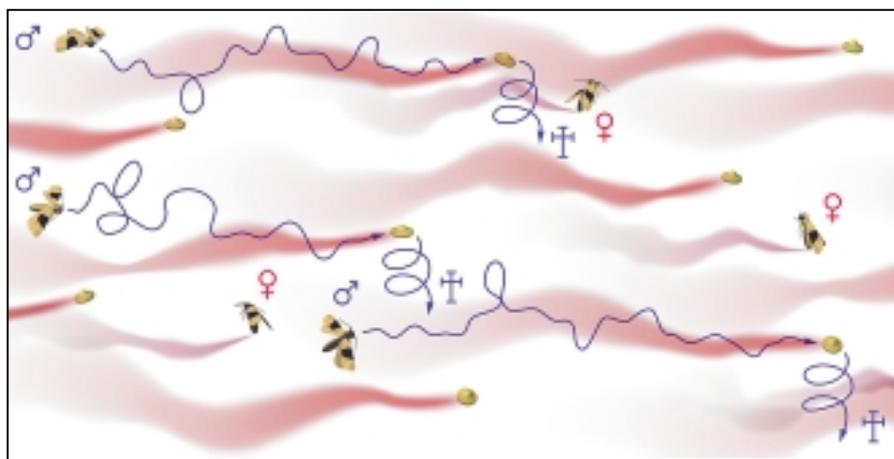


Fig. 2. Attracticide (*attract-and-kill*).

A Agroscope RAC Changins, la faisabilité d'une lutte attracticide combinant les phéromones des deux espèces de vers de la grappe est actuellement évaluée. Pour que les mâles remontent le gradient odorant jusqu'à toucher les gouttes, celles-ci doivent imiter le mieux possible le bouquet émis par les femelles, ce qui exige une qualité élevée des phéromones synthétiques. De plus, une quantité optimale de phéromone ne doit pas être dépassée dans chaque goutte, car les mâles ont tendance à ne pas entrer en contact avec une source trop chargée (Arn *et al.*, 1986). D'après

nos observations, les mâles d'eudémis sont aisément attirés par des phéromones de la qualité utilisée couramment pour la confusion et ne sont guère perturbés par la présence des composantes phéromonales de cochylis. En revanche, cette dernière espèce se montre plus sensible aux impuretés et à l'ajout de la phéromone d'eudémis. La technique attracticide a montré une certaine efficacité qui doit être améliorée, car elle demeure actuellement inférieure à celle de la confusion sexuelle. En effet, l'attractivité et l'activité insecticide des gouttes diminuent avec le temps, car la

**Tableau 2. Appréciation des diverses méthodes de lutte contre les vers de la grappe selon différents critères. Des explications plus détaillées se trouvent dans le texte.**

| Méthode                                   | Produits actuellement homologués  | Efficacité       | Coûts en CHF par ha et an | Travail en heures personne/ha/an | Impact négatif environnemental (résidus, effets latéraux) | Effets sociaux | Considérations éthiques    |
|---|---|------------------|---------------------------|----------------------------------|---|----------------|----------------------------|
| Tolérance                                 |   | Aucune           | 0                         | 0                                | Aucun   | Négatifs       | Idéal                      |
| Insecticides                              | Régulateurs et inhibiteurs de croissance, produits de fermentation, esters phosphoriques, autres <sup>a</sup> | Bonne            | 80-175.--                 | 0 <sup>c</sup>                   | Moyen   | Neutres        | Non désirable (destructif) |
| Piégeage de masse                         |   | Insuffisante     | –                         | 6?                               | Aucun   | Positifs       | Non désirable (destructif) |
| Attracticide                              |   | Moyenne à bonne? | –                         | 6-11 <sup>d</sup>                | Faible  | Positifs       | Non désirable (destructif) |
| Autostérilisation                         |   | –                | –                         | 6-11 <sup>d</sup>                | Faible  | Positifs       | Désirable                  |
| Confusion sexuelle traditionnelle         | RAK 1+2; Isonet LE <sup>b</sup>   | Bonne            | 280.--                    | 1-2 <sup>d</sup>                 | Aucun   | Positifs       | Désirable                  |
| Confusion par poursuite de fausses pistes |   | Bonne?           | –                         | 5-8 <sup>d</sup>                 | Aucun   | Positifs       | Désirable                  |
| Confusion avec microcapsules              |   | Bonne?           | –                         | 0 <sup>c</sup>                   | Aucun   | Positifs       | Désirable                  |
| Autoconfusion                             |   | Insuffisante?    | –                         | 6                                | Aucun   | Positifs       | Désirable                  |

<sup>a</sup>Informations détaillées dans l'Index phytosanitaire pour la viticulture 2005.

<sup>b</sup>Plus quatre types de diffuseurs pour la lutte contre une seule espèce, eudémis ou cochylis.

<sup>c</sup>Appliqué ensemble avec les traitements fongicides, au printemps un premier traitement séparé peut être nécessaire pour les microcapsules.

<sup>d</sup>Variable selon topographie et saison.

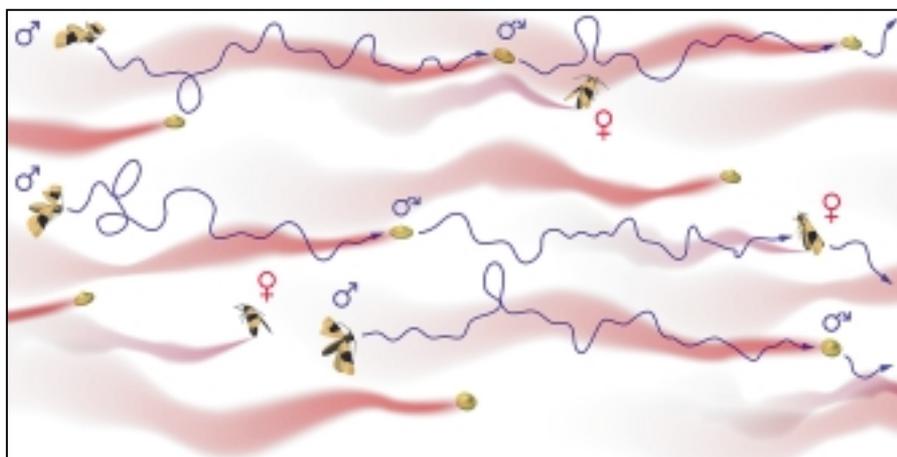


Fig. 3. Autostérilisation (*autosterilization*).

diffusion des phéromones n'est pas constante et les pâtes sont progressivement absorbées par l'écorce et recouvertes de poussière (Lösel *et al.*, 2002). Dans la lutte contre le carpocapse des pommes avec l'attracticide Sirene CM®, Charmillot *et al.* (2000) ont appliqué une densité de 3000 gouttes/ha. Le même dosage a été adopté dans des essais en vigne, mais s'avère probablement trop faible pour les vers de la grappe, qui peuvent atteindre des densités de population beaucoup plus élevées.

### Autostérilisation (*autosterilization*)

L'autostérilisation fonctionne sur le même principe que l'attracticide, mais l'insecticide est remplacé par un agent chimique qui stérilise les papillons, par exemple un inhibiteur ou un régulateur de croissance (fig. 3). L'avantage de cette technique réside dans le fait que les mâles touchés demeurent compétitifs vis-à-vis des mâles indemnes, pouvant s'accoupler avec des femelles qui pondront alors des œufs stériles. Grâce à cela, l'efficacité de l'autostérilisation est théoriquement supérieure à celle d'un attracticide (Potting et Knight, 2002). Cette méthode s'est montrée effectivement efficace contre le carpocapse des pommes (Charmillot *et al.*, 2002). En revanche, pour l'instant, aucun produit stérilisant n'a donné encore satisfaction contre eudémis et cochylys.

### Confusion sexuelle (*mating disruption*)

Réunies sous le terme générique de «confusion sexuelle», les diverses variantes décrites dans ce chapitre agis-

sent exclusivement au niveau de la physiologie sensorielle et du comportement de la phéromone sans aucun additif tel que glu, insecticides ou agents stérilisants. Seuls les diffuseurs destinés à la confusion sexuelle «traditionnelle», décrits plus loin, sont actuellement homologués en Suisse. Les autres techniques en développement sont des variations sur le même thème visant à en diminuer les coûts, par exemple en abaissant les quantités de produits (méthode de l'autoconfusion) ou en diminuant le temps nécessaire à leur application (formulations micro-encapsulées).

La confusion sexuelle fait appel à divers mécanismes hypothétiques (Jones, 1998). Les organes olfactifs des mâles situés sur leurs antennes seraient constamment exposés à une telle concentration de phéromones (*sensory overload*) que leur réponse diminuerait (adaptation) et/ou les neurones du système nerveux central qui intègrent les informations provenant des récepteurs montreraient une activité modifiée (habituation). D'autre part, les faisceaux de phéromones émis par les femelles se-

raient masqués par les phéromones synthétiques (*trail masking*). Puis, les mâles perdraient du temps en poursuivant des fausses pistes les détournant des femelles (*false-trail following*). Et finalement, l'abondance de phéromone dans l'air pourrait également influencer le comportement des femelles elles-mêmes. Ces divers modes d'action se superposent et leur contribution individuelle au résultat de la lutte dépend de la concentration et de la répartition de la phéromone dans l'espace et dans le temps (Karg et Sauer, 1995; Schmitz *et al.*, 1995).

### Méthode traditionnelle

La confusion sexuelle avec des diffuseurs traditionnels de phéromone des vers de la vigne a connu une progression impressionnante et couvre actuellement plus de 45% de la surface viticole helvétique. 500 diffuseurs/ha émettent durant toute la saison une très grande quantité de phéromones sexuelles et brouillent ainsi le repérage des femelles par les mâles eudémis et cochylys (fig. 4).

Depuis 2004, une nouvelle gamme de diffuseurs (Isonet LE, Isonet L, Isonet E), développée par la compagnie japonaise Shin-Etsu (Charmillot et Pasquier, 2004), est homologuée en Suisse, s'ajoutant aux produits de la firme BASF d'ores et déjà disponibles (RAK 1+2, RAK 2, Bocep Viti). Par le passé, les diffuseurs RAK présentaient le défaut de s'épuiser avant la fin du vol des ravageurs; l'augmentation de la quantité de phéromone a permis de régler ce problème. Actuellement, tous les diffuseurs commercialisés offrent une émission régulière pendant toute la période de vol des deux espèces, ce qui donne aux viticulteurs plus de souplesse dans le choix de la date d'application, avant le début du premier vol.

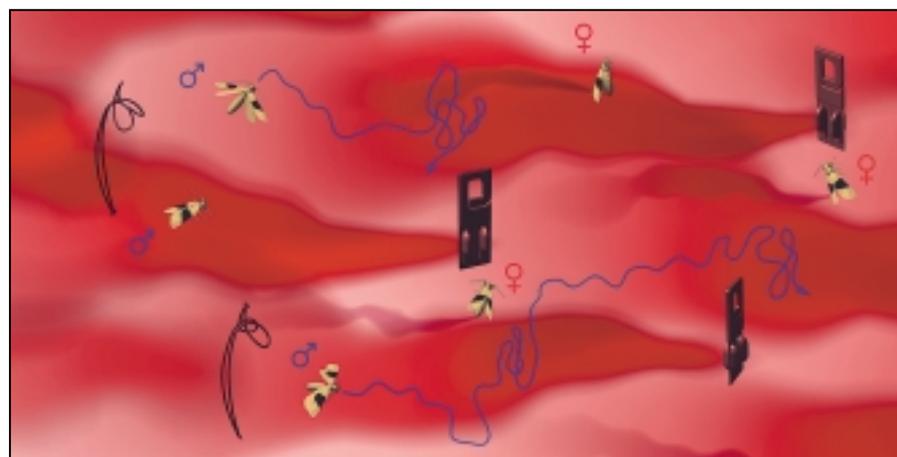


Fig. 4. Confusion sexuelle traditionnelle (*mating disruption*).

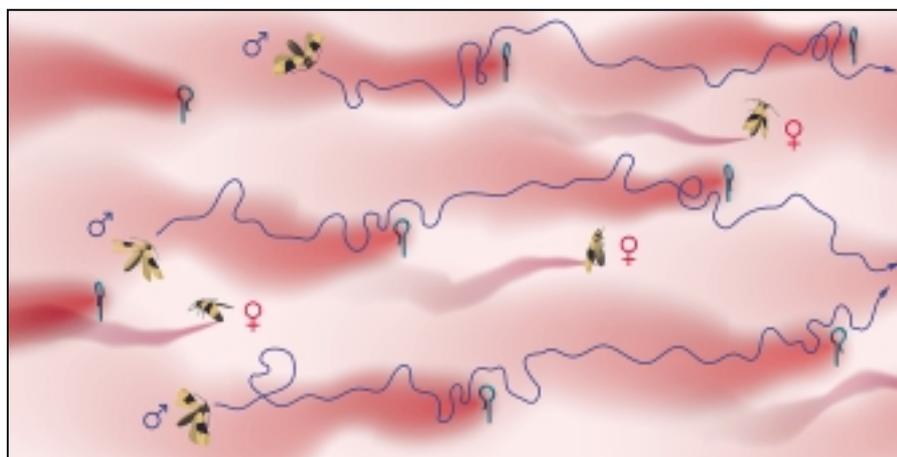


Fig. 5. Confusion basée sur la poursuite de fausses pistes (*false-trail following*).

### Diffuseurs à haute densité

Cette variante de la confusion sexuelle utilise essentiellement le mécanisme des fausses pistes (*false-trail following*). Par rapport à la méthode traditionnelle, le nombre de diffuseurs est quadruplé (~2000/ha), mais leur charge phéromonale est réduite. Les diffuseurs Ecodian de la firme Isagro, évalués actuellement, possèdent l'avantage d'être biodégradables, puisqu'ils sont moulés à partir d'un polymère à base d'amidon de maïs (fig. 5) (Rama *et al.*, 2002a). La densité de diffuseurs et la charge phéromonale de cette méthode se situent entre celles de l'attracticide et de la confusion classique. Actuellement, les quantités globales demeurent voisines de celles utilisées pour cette dernière, mais pourraient probablement être nettement abaissées, à condition d'augmenter parallèlement le nombre de sources tout en réduisant leur charge individuelle. Toutefois, pour des questions de temps de travail, une telle solution n'est envisageable que si ces diffuseurs ne sont plus à placer individuellement, mais de manière groupée, par exemple en étant fixés sur des rubans à étendre dans la culture.

### Microcapsules

En formulation micro-encapsulée, les phéromones sont pulvérisables comme un pesticide classique, permettant ainsi de distribuer une immense quantité de sources par unité de surface (tabl.1), chacune contenant une charge infime. Une répartition assez homogène des phéromones à travers le vignoble est ainsi garantie (fig. 6). Les premiers produits testés perdaient trop rapidement de l'attractif, mais les nouvelles formulations actuellement évaluées semblent avoir une meilleure rémanence. Les microcapsules peuvent donc se présenter, dans un proche avenir, comme une

alternative intéressante à la confusion traditionnelle, en ayant de plus l'avantage d'être miscibles avec les fongicides. Une difficulté technique à surmonter est d'éviter qu'une trop grande quantité de produit ne tombe au sol, soit par lessivage pluvial (Knight *et al.*, 2004), soit simplement parce que la surface foliaire de la culture s'avère trop limitée, au printemps, pour assurer

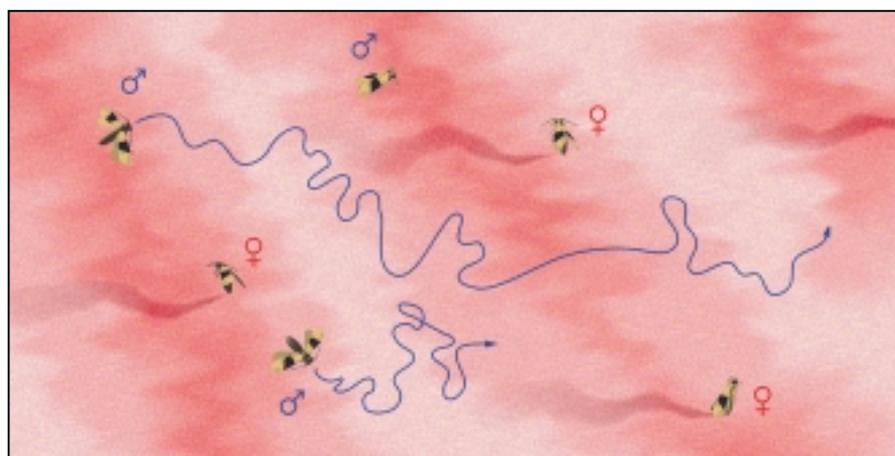


Fig. 6. Confusion avec formulations micro-encapsulées (*microcapsules*).

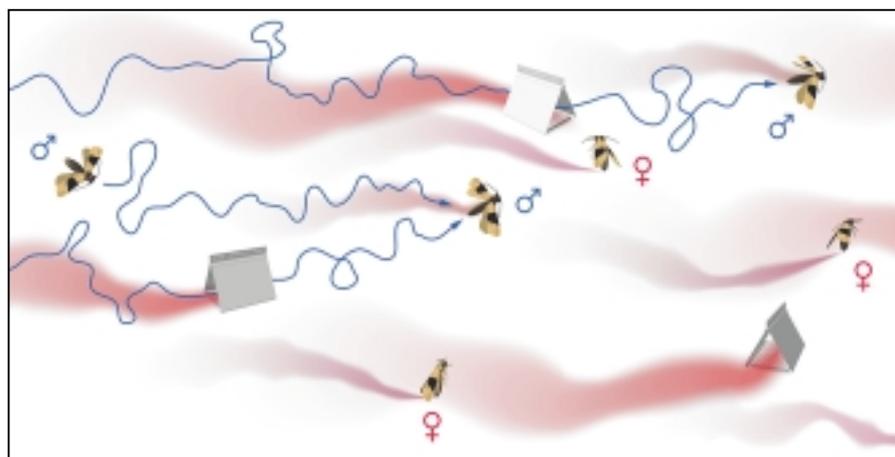


Fig. 7. Autoconfusion (*auto-confusion*).

la fixation d'une quantité opérationnelle de microcapsules. Une fois au sol, le produit perd rapidement toute efficacité.

### Autoconfusion

Cette procédure originale consiste à placer, dans le vignoble, des pièges pourvus d'une plaque alvéolée additionnée d'une poudre cireuse chargée de phéromones (fig. 7). Par phénomène électrostatique, cette poudre adhère au corps des mâles entrant dans le piège et ceux-ci ne parviennent plus, lorsqu'ils en ressortent, à repérer les femelles parce que leurs antennes sont constamment exposées aux phéromones. De plus, il est probable qu'une femelle que le hasard leur ferait découvrir refuserait l'accouplement avec un individu portant sa propre odeur. Enfin, par cette technique, les individus piégés sont transformés à leur tour en diffuseurs mobiles de phéromones et sont ainsi capables de perturber leurs congénères masculins. La phéromone peut, en outre, être transmise d'un mâle à l'autre lors d'une tentative d'accouplement induite par un individu contaminé. Malheureusement, malgré cette multitude de modes d'ac-

tion prometteurs, la technique montre nombre de faiblesses conceptuelles. Ainsi, comme pour le piégeage de masse déjà décrit, la compétitivité des pièges, c'est-à-dire le rapport entre leur quantité et le nombre de femelles présentes dans le vignoble, est généralement trop faible. C'est pourquoi il est indispensable que la confusion sexuelle créée par des mâles porteurs de phéromone constitue le mode d'action prépondérant de la méthode. Or, du fait de la charge phéromonale très limitée des pièges testés jusqu'ici (tabl.1), les quantités de produit adhérent à un individu sont vraisemblablement trop petites pour induire les effets souhaités. Les résultats obtenus dans nos essais pratiques confirment d'ailleurs ce manque d'efficacité. Il reste à vérifier dans quelle mesure la charge phéromonale pourrait être augmentée, en sachant qu'au-delà d'une concentration limite d'effluves sexuels, les mâles évitent le contact avec la source (Arn *et al.*, 1986).

## Autres approches d'avenir?

Le paragraphe précédent a déjà démontré qu'il n'y a que peu de limites à l'imagination en ce qui concerne les systèmes de diffusion. Nous aimerions encore ajouter quelques exemples qui nous paraissent originaux.

Dans une variante de la confusion faisant appel à beaucoup de technique, la parcelle à protéger est équipée d'un petit nombre d'appareils (environ 1/ha) pulvérisant les phéromones dans l'atmosphère sous forme d'aérosols («*puffers*») (Shorey *et al.*, 1996). Cette technique permet non seulement de contrôler de manière très fine la dose de phéromone appliquée, mais également la période optimale d'émission, car l'activité sexuelle des papillons se situe à des moments précis de la journée, différant selon les espèces.

Une précision et une flexibilité semblables sont offertes par un autre système sophistiqué: une corde imprégnée de phéromone circule en boucle à travers le vignoble, grâce à des roulettes. Les phéromones sont appliquées au goutte-à-goutte sur la corde, au sein d'une station pilotée par ordinateur (Rama *et al.*, 2002b).

L'usage de paraphéromones, des substances volatiles artificielles dont la structure ressemble aux phéromones, mais qui n'existent pas dans la nature, a aussi été proposé comme moyen pour interférer dans la communication entre les insectes (Renou et Guerrero, 2000). Ces analogues de phéromones, par

exemple des produits fluorés, pourraient être moins coûteux à synthétiser et plus stables que les phéromones naturelles, mais seraient plus difficiles à homologuer et incompatibles avec les cahiers des charges de la production biologique (Pesenti et Viani, 2004).

Nous ne saurions terminer cette revue sans mentionner l'approche transgénique, consistant à créer des plantes produisant des phéromones. Elle constituerait alors une voie alternative à la synthèse chimique des attractifs. Les plantes pourraient idéalement se protéger elles-mêmes contre des ravageurs, en dégageant spontanément des phéromones. Des recherches préliminaires ont montré que des plantes de tabac transformées produisent des précurseurs de phéromones qui peuvent être extraits (Nesnerová *et al.*, 2004).

## Stratégies liées aux comportements post-sexuels

Contrairement aux mâles, les femelles de papillons poursuivent d'autres activités après l'accouplement, notamment la recherche d'une plante hôte appropriée au développement de leur progéniture, ainsi que de la nourriture pour continuer leur ovogenèse.

Théoriquement, des substances chimiques agissant sur le comportement des femelles pourraient avoir encore plus d'impact agronomique que les phéromones destinées aux mâles, parce qu'une réduction de ponte se traduit immédiatement par une réduction d'attaque. Ainsi, les odeurs répandues par les fleurs de la tanaïsie *Tanacetum vulgare*, une plante non hôte qui croît dans certains vignobles, attirent les femelles accouplées d'eudémis (Gabel *et al.*, 1992). De même, les papillons des deux sexes peuvent être capturés dans des pièges alimentaires remplis de jus de fruits en fermentation.

Mais les femelles peuvent aussi être attirées par des odeurs dégagées par leurs plantes hôtes: un composé volatil de la poire semble être aussi attractif pour les femelles du carpocapse des pommes que les phéromones sexuelles pour les mâles (Light *et al.*, 2001).

Toutefois, beaucoup de plantes partagent les mêmes types d'arômes qui, par conséquent, ne possèdent pas, et de loin, la spécificité des phéromones. En plus, les quantités de composants volatils émises par les plantes dépassent de plusieurs ordres de grandeurs celles des phéromones dégagées par les papillons. C'est pourquoi il est quasiment exclu de pouvoir créer une sorte de «confu-

sion ovipositaire» chez les femelles à la recherche d'une plante hôte, en diffusant des attractifs synthétiques. Par contre, un attracticide agissant sur les femelles est théoriquement concevable pourvu qu'un appât suffisamment puissant soit disponible et qu'il contraste avec les odeurs de plantes naturellement présentes. Alors qu'il y a des substances végétales qui n'attirent que les carpocapses femelles (Hern et Dorn, 2004), d'autres attractifs agissent sur les deux sexes ou davantage sur les mâles (Light *et al.*, 2001; Coracini *et al.*, 2004). Des projets visent à identifier des odeurs de plantes aux effets comparables pour les vers de la grappe qui pourraient, ajoutées aux phéromones, renforcer l'attractivité des formulations attracticides.

Lorsque, à l'aide de ses sens olfactif et visuel, une femelle se pose sur une plante hôte potentielle, des stimuli gustatifs et tactiles entrent en jeu et lui permettent de déterminer si la plante est acceptable ou non pour la ponte. Cette dernière est stimulée par des substances non volatiles situées à la surface des plantes (Maher et Thiéry, 2004), mais d'autres molécules ont un effet inverse (Maher et Thiéry, 2003), comme par exemple certaines substances présentes dans les œufs qui incitent les femelles à ne pas pondre sur les fruits déjà occupés (Thiéry *et al.*, 1992). Profitant de ces phénomènes, on pourrait envisager de rendre les grappes de raisin inacceptables pour la ponte et/ou inciter les femelles à déposer leurs œufs sur les feuilles, inappropriées au développement larvaire. Cette stratégie du type dissuasion-stimulation («*push-pull*») nous semble originale, mais difficile à développer dans la pratique.

## Appréciation des concepts de lutte selon différents critères

La science s'occupe de l'évaluation de l'efficacité d'une méthode de lutte. Ce facteur est crucial, mais d'autres critères de nature socioéconomique interviennent pour déterminer si la méthode peut s'établir avec succès dans la pratique, comme les coûts et l'accord de la société (tabl. 2).

## Efficacité

Les instruments de lutte actuellement homologués contre les vers de la grappe, insecticides et diffuseurs pour la confusion sexuelle, possèdent tous deux une bonne efficacité. Cependant, les viticulteurs qui optent pour les traitements

insecticides tolèrent généralement les attaques de la première génération. La confusion conduit le plus souvent à de meilleurs résultats, car elle assure une protection pendant toute la saison (Charmillot et Pasquier, 2000). Utilisée durant plusieurs années consécutives, elle peut diminuer la densité de population des ravageurs, créant les conditions qui améliorent encore son fonctionnement. Les deux méthodes de lutte ne s'excluent toutefois pas, et un traitement insecticide complémentaire à la lutte par confusion reste indiqué dans les situations où la pression initiale des vers de la grappe est trop élevée (Emery et Schmid, 2001).

Il est prématuré de juger définitivement de l'efficacité des méthodes en développement, mais une tendance se dessine: les procédés opérant avec une basse densité de sources à faible charge phéromonale (piégeage de masse, autoconfusion) donnent des résultats insatisfaisants, alors que les méthodes qui s'approchent le plus de la dose utilisée par la confusion traditionnelle sont les plus prometteuses (microcapsules, Ecodian).

## Coûts et travail

Les prix des produits et le temps nécessaire pour les appliquer constituent le coût d'une méthode. La lutte par confusion demeure pour l'instant une méthode relativement onéreuse par rapport à la lutte chimique, mais on peut s'attendre à ce que les prix diminuent avec l'arrivée de nouveaux types de diffuseurs sur le marché. Néanmoins, l'éventuelle économie liée à la quantité inférieure de phéromone utilisée dans ces nouveaux diffuseurs sera en partie compensée par le surplus de travail induit par le plus grand nombre de sources à placer manuellement. Les formulations pulvérisables devraient présenter les meilleures perspectives économiques.

## Impact environnemental

Épargnant les auxiliaires, les inhibiteurs et régulateurs de croissance d'insectes (ICI et RCI) ont un impact environnemental plus faible que les anciens insecticides à large spectre. Les techniques de lutte par phéromones sont encore plus sélectives et, à l'exception des microcapsules, ne laissent aucun résidu sur les grappes, ce qui les rend compatibles avec la viticulture biologique. Toutefois, si les viticulteurs n'éliminent pas les diffuseurs épuisés, l'accumulation de ces déchets de plastique au fil des ans dans les vignobles peut devenir indésirable. En plus, un certain

nombre de diffuseurs se détachent, puis sont emportés par le ruissellement des eaux de surface, se retrouvant finalement accumulés par les vagues sur les rives de nos lacs. Les diffuseurs biodégradables et les microcapsules offriraient une bonne solution à ces problèmes.

## Effets sociaux

Celui qui renonce à toute intervention contre les vers de la grappe court le risque de ne pas être apprécié de ses voisins, parce que l'augmentation de la pression des ravageurs dans son vignoble concernera les parcelles adjacentes. Contrairement aux traitements insecticides, à la charge de chaque viticulteur, l'utilisation des phéromones nécessite collaboration et coordination entre les viticulteurs d'une commune ou d'une région. La perte d'autonomie individuelle du choix de lutte peut être considérée comme une contrainte, mais la plupart des témoignages affirment que les contacts et échanges entre les viticulteurs sont perçus très positivement.

## Considérations éthiques

Les alternatives disponibles à présent pour la lutte contre les vers de la grappe peuvent à notre avis également être distinguées dans leurs implications éthiques et ce critère peu considéré jusqu'ici peut aussi être pris en compte. A cet égard, les méthodes basées sur les phéromones qui n'ont pas pour but de tuer les insectes, mais d'empêcher seulement leur reproduction, peuvent être jugées plus défendables que les méthodes insecticides destructives.

En conclusion, les techniques de lutte au moyen des phéromones sexuelles réunissent beaucoup d'avantages par rapport à la lutte classique. Avec plusieurs nouveaux procédés en développement, les perspectives de progrès sont excellentes pour l'usage des phéromones dans la lutte contre les vers de la grappe, offrant une plus grande diversité de solutions aux viticulteurs.

## Remerciements

Cet article a été écrit dans le cadre d'un projet du pôle de recherche national NCCR «Plant survival».

## Bibliographie

Arn H., Rauscher S., Buser H.-R. & Guerin P. M., 1986. Sex pheromone of *Eupoecilia ambiguella* female: analysis and male response to ternary blend. *J. Chem. Ecol.* **12**, 1417-1429.

- Arn H., Rauscher S., Guerin P. & Buser H.-R., 1988. Sex Pheromone Blends of Three Tortricid Pests in European Vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **21**, 111-117.
- Charmillot P.-J. & Baggiolini M., 1975. Essai de lutte contre le carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) par capture intensive des mâles à l'aide d'attractifs sexuels synthétiques. *La Recherche agronomique en Suisse* **14** (1), 71-77.
- Charmillot P.-J., Hofer D. & Pasquier D., 2000. Attract and kill: a new method for control of the codling moth *Cydia pomonella*. *Ent. Exp. Appl.* **94**, 211-216.
- Charmillot P.-J. & Pasquier D., 2000. Vers de la grappe: technique de confusion, lutte classique et dynamique des populations. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32**, 315-320.
- Charmillot P.-J. & Pasquier D., 2004. Isonet: une nouvelle gamme de diffuseurs pour la lutte par confusion contre les vers de la grappe. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (2), 95-100.
- Charmillot P.-J., Pasquier D. & Hofer D., 2002. Control of codling moth *Cydia pomonella* by autosterilisation. Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production. *IOBC wprs Bulletin* **25** (9), 117-120.
- Coracini M., Bengtsson M., Liblikas I. & Witzgall P., 2004. Attraction of codling moth males to apple volatiles. *Ent. Exp. Appl.* **110**, 1-10.
- Emery S. & Schmid A., 2001. Lutte contre les vers de la grappe dans des secteurs à forte population initiale: confusion sexuelle combinée à un traitement au régulateur de croissance (RCI). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **33** (2), 101.
- Evenden M. L. & Haynes K. F., 2001. Potential for the evolution of resistance to pheromone-based mating disruption tested using two pheromone strains of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Ent. Exp. Appl.* **100**, 131-134.
- Gabel B., Thiéry D., Suchy V., Marion-Poll F., Hradsky P. & Farkas P., 1992. Floral volatiles of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* Den. et Schiff. females. *J. Chem. Ecol.* **18**, 693-701.
- Hern A. & Dorn S., 2004. A female-specific attractant for the codling moth, *Cydia pomonella*, from apple fruit volatiles. *Naturwissenschaften* **91**, 77-80.
- Jones O. T., 1998. Practical Applications of Pheromones and Other Semiochemicals. In: Insect Pheromones and their Use in Pest Management. (Howse P., Stevens I., Jones O., Eds). Chapman & Hall, London, 261-355.
- Karg G. & Sauer A. E., 1995. Spatial distribution of pheromone in vineyards treated for mating disruption of the grape vine moth *Lobesia botrana* measured with electroantennograms. *J. Chem. Ecol.* **21** (9), 1299-1314.
- Knight A. L., Larsen T. E. & Ketner K. C., 2004. Rainfastness of a Microencapsulated Sex Pheromone Formulation for Codling Moth (*Leptidoptera: Tortricidae*). *Journal of Economic Entomology* **97** (6), 1987-1992.
- Light D. M., Knight A. L., Henrick C. A., Rajapaska D., Lingren B., Dickens J. C., Reynolds K. M., Buttery R. G., Merrill G., Roitman J. & Campbell B. C., 2001. A pear-derived kairomone with pheromonal potency that attracts male and female codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Naturwissenschaften* **88**, 333-338.
- Lösel P. M., Pötting R. P. J., Ebbinghaus D. & Scherkenbeck J., 2002. Factors affecting the field performance of an attracticide against the codling moth *Cydia pomonella*. *Pest Manag. Sci.* **58**, 1029-1037.
- Maher N. & Thiéry D., 2003. Bunch extracts of *Vitis vinifera* at different developmental stages stimulate or deter oviposition in *Lobesia botrana* females. Integrated Protection and Production in Viticulture. *IOBC/wprs Bulletin* **26** (8), 135-139.

- Maher N. & Thiéry D., 2004. A bioassay to evaluate the activity of chemical stimuli from grape berries on the oviposition of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research* **94**, 27-33.
- Mochizuki F., Fukumoto T., Noguchi H., Sugie H., Morimoto T. & Ohtani K., 2002. Resistance to a mating disruptant composed of (Z)-11-tetradecenyl acetate in the smaller tea tortrix, *Adoxophyes honmai* (Yasuda) (Lepidoptera: Tortricidae). *Appl. Entomol. Zool.* **37** (2), 299-304.
- Nesnerová P., Sebek P., Macek T. & Svatos A., 2004. First semi-synthetic preparation of sex pheromones. *Green Chem* **6**, 305-307.
- Pesenti C. & Viani F., 2004. The Influence of Fluorinated Molecules (Semi-chemicals and Enzyme Substrate Analogues) on the Insect Communications System. *ChemBioChem* **5**, 590-613.
- Potting R. P. J. & Knight A. L., 2002. Predicting the efficacy of modified modes of action of a pheromone-based attracticide: a bisexual attractant and autosterilisation. *IOBC wprs Bulletin* **25** (9), 187-194.
- Rama F., Reggiori F., Cravedi P. & Molinari F., 2002a. The control of *Cydia molesta* in stone- and pome-fruit orchards by false-trail following. Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production. *IOBC wprs Bulletin* **25** (9), 121-128.
- Rama F., Reggiori F. & Pratzolli W., 2002b. Timed Mating Disruption: a new pheromone-dispensing device for the protection of orchards from *Cydia pomonella*, *Cydia molesta* and Leafrollers. <http://www.phero.net/iobc/sicily/proceedings/rama.pdf>.
- Renou M. & Guerrero A., 2000. Insect Pheromones in Olfaction Research and Semiochemical-based Pest Control Strategies. *Ann. Rev. Entomol.* **48**, 605-630.
- Roelofs W. L., Liu W., Hao G., Jiao H., Rooney A. P. & Linn C. E. J., 2002. Evolution of moth sex pheromones via ancestral genes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **99** (21), 13621-13626.
- Schmitz V., Roehrich R. & Stockel J., 1995. Etude du mécanisme de la confusion sexuelle pour l'eudémis de la vigne *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lep., Tortricidae). I. Rôles respectifs de la compétition, du camouflage de la piste odorante et de la modification du signal phéromonal. *J. Appl. Ent.* **119**, 131-138.
- Shorey H. H., Sisk C. B. & Gerber R. G., 1996. Widely Separated Pheromone Release Sites for Disruption of Sex Pheromone Communication in Two Species of Lepidoptera. *Environmental Entomology* **25** (2), 446-451.
- Thiéry D., Gabel B., Farkas P. & Pronier V., 1992. Identification of an oviposition-regulating pheromone in the European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Experientia* **48**, 697-699.

## Summary

### The progress in the use of sexual pheromones to control grapevine and grape berry moths

There is a growing diversity of strategies to control grapevine moth *Lobesia botrana* and grape berry moth *Eupoecilia ambiguella*, the two dominant pest species in the vineyards of Central Europe. This article reviews the various methods based on the use of sexual pheromones, which were used in the past, are currently in use or still in development: mass trapping, attract-and-kill, autosterilization, mating disruption (conventional, false-trail following, micro-encapsulated formulations, auto-confusion). The theoretical mode of action and strengths and weaknesses of each technique are discussed. Finally, a general assessment of the various procedures is presented according to different criteria (efficacy, costs, work, etc.).

**Key words:** *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*, mass trapping, attract-and-kill, autosterilization, mating disruption, false-trail following, microcapsules, autoconfusion.

## Riassunto

### Evoluzione dell'impiego dei feromoni sessuali per la lotta contro tignole e tignolette

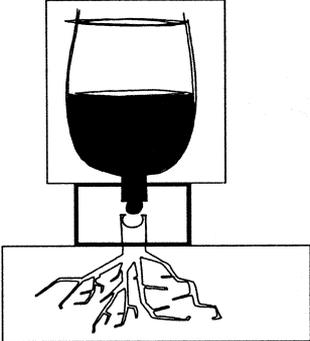
Le strategie di protezione contro la tignoletta *Lobesia botrana* e la tignola *Eupoecilia ambiguella*, i due fitofagi predominanti nelle vigne d'Europa centrale, sono in piena evoluzione. Quest'articolo esamina i diversi metodi di lotta con feromoni sessuali, siano essi nel passato, attualmente in uso o ancora in fase di sviluppo: cattura di massa, *attract-and-kill*, autosterilizzazione, confusione sessuale (convenzionale, *false-trail following*, preparati in microcapsule, auto-confusione). Il modo d'azione teorico di ciascuna tecnica è descritto come le sue pregi e difetti. Infine si propone una valutazione generale dei diversi metodi secondo vari criteri (efficacia, costi, lavoro, ecc.).

## Zusammenfassung

### Fortschritte in der Bekämpfung der Traubenwickler mit Hilfe von Pheromonen

Es gibt eine zunehmende Vielfalt von Strategien für die Bekämpfung des bekreuzten Traubenwicklers *Lobesia botrana* und des einbindigen Traubenwicklers *Eupoecilia ambiguella*, der beiden wichtigsten Schädlingarten in mitteleuropäischen Rebbergen. Dieser Artikel soll eine Übersicht liefern über die verschiedenen auf Pheromonen basierenden Methoden, die in der Vergangenheit getestet wurden, heute schon in Gebrauch sind oder sich noch in der Entwicklungsphase befinden: Massenfäng, *attract-and-kill*, Auto-Sterilisation, Verwirrungstechnik (konventionell, *false-trail following*, mikro-eingekapselte Formulierungen, Auto-Konfusion). Die hypothetische Wirkungsweise der einzelnen Techniken wird beschrieben, und ihre jeweiligen Stärken und Schwächen werden diskutiert. Eine allgemeine Beurteilung der Verfahrensweisen nach verschiedenen Kriterien (Wirksamkeit, Kosten, Arbeitsaufwand usw.) bildet den Abschluss.

Pépinières  
viticoles



**Pierre Richard**  
Le Closelet  
Route de l'Etraz 4  
1185 Mont-sur-Rolle

Tél. 021 825 40 33  
Fax 021 826 05 06  
Natel 079 632 51 69

Plantation à la machine

**VOTRE PARTENAIRE INDISPENSABLE**

**CHAILLOT SA**

*Richard*

CONDITIONNEMENT & EMBALLAGE  
KELLEREIBEDARF

ZI au Glapin 10 • 1162 Saint-Prex

Tél. +41 21 823 2000 • Fax +41 21 823 2001

Rte de la Drague 14 • 1950 Sion

Tél. +41 27 323 67 21 • Fax +41 27 323 67 22

E-mail: [info@chaillet.ch](mailto:info@chaillet.ch) [www.chaillet.ch](http://www.chaillet.ch)