

**E**n complément ou en remplacement de la lutte chimique, l'observation et l'imagination des chercheurs ont mis au point des méthodes de lutte alternative originale et respectueuse de l'environnement.

# Lutte biologique contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales

**Mariau D., Decazy B., Quilici S., Mallet B., Morin J.P., Arbonnier M., Philippe R.**

CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

**A**u cours des 30 dernières années, la plupart des cultures pérennes tropicales ont été l'objet d'un développement spectaculaire. Pendant cette période, les surfaces plantées en palmiers à huile ont été multipliées par 7 en Malaisie, par 10 en Indonésie. Ces 2 pays produisent actuellement 12 millions de tonnes d'huile de palme contre 250 000 t au début des années 60. En Colombie, le café représentait en 1990 près de 50 % des recettes d'exportation agricole et plus de 40 % pour le cacao en Côte d'Ivoire où la production a été multipliée par plus de 10 en 30 ans. Au Maroc, la vente des agrumes représente 20 % des recettes des exportations alimentaires.

Toutes ces plantes ont de nombreux ennemis qui peuvent, dans bien des situations, réduire considérablement la production et même attenter à la vie des arbres. Si la lutte chimique raisonnée, qui tient compte des différents facteurs de l'environnement, demeure encore indispensable dans la majorité des situations, les recherches permettent de mettre au point des méthodes de lutte alternative appliquées seules ou en complément à la lutte chimique.

## Utilisation des insectes auxiliaires

La connaissance de cette faune associée aux ravageurs est indispensable à la mise en place d'une bonne gestion de la lutte. Il faut, en effet, connaître l'impact de ces ennemis naturels sur les différents stades de développement de leurs hôtes afin de mieux les protéger, d'en favoriser la multiplication et, éventuellement, d'en augmenter le nombre par des introductions complémentaires.

Dans une palmeraie d'Amérique du Sud, plus d'une centaine d'espèces de parasitoïdes et hyperparasitoïdes se développent à la faveur d'un ou plusieurs insectes prédateurs. Les perturbations apportées par un traitement utilisant un insecticide très toxique équivalent à celles d'un éléphant pénétrant dans un magasin de porcelaine.

Le scolyte du café, *Hypothenemus hampei* Ferrari, originaire d'Afrique, a été introduit accidentellement dans la quasi totalité des pays producteurs de café. En Amérique latine, il entraîne des dégâts sensiblement plus importants qu'en Afrique, dans la mesure où ces introductions suc-

Le contenu de cet article a fait l'objet d'un exposé présenté au PIPOC 96 « PORIM International Palm Oil Congress: competitiveness for the 21th century », de Kuala Lumpur (Malaisie) du 23 au 28 septembre 1996.

cessives se sont faites sans celles de ses ennemis naturels qui devront être, à leur tour, introduits.

Les piqûres de *Pseudotheraptus devastans* Distant entraîne la chute des fleurs et des jeunes noix de cocotiers (Julia et Mariau, 1978). Si les populations sont élevées, la production peut être réduite à néant. Mais lorsque la fourmi *Oecophylla longinoda* Latreille est présente sur un cocotier, celui-ci est indemne d'attaque. Si les populations sont régulièrement réparties sur 80 % des arbres, les taux d'attaques ne sont plus que de 10 % (figure 1). On peut favoriser le développement de ces fourmis en établissant des ponts aériens entre les cocotiers et en luttant contre d'autres espèces de fourmis qui contrarient leur extension.

La cochenille transparente du cocotier, *Aspidiotus destructor* Signoret, compte parmi les ennemis les plus importants du cocotier. Elle a été introduite successivement dans tous les pays du globe producteurs de noix de coco, ce qui a nécessité de

nombreuses introductions de coléoptères *Coccinellidae*, principaux ennemis naturels de la cochenille, dont celles appartenant aux principaux genres que sont : *Chilocorus*, *Exochomus*, *Cryptognatha*, *Lindorus*, etc.

Les psylles des agrumes, *Trioza erythraea* Del Guercio et *Diaphorina citri* Kuwayama ont été introduites à la Réunion et deviennent très nuisibles aux agrumes en tant que vecteurs d'une très grave maladie de dégénérescence, dite le *greening*. Les insectes auxiliaires présents au moment de leur introduction étaient incapables de maintenir les populations de psylles à un niveau suffisamment bas, d'autant moins qu'il s'agissait de vecteurs. C'est la raison pour laquelle 2 hyménoptères *Eulophidae* ont été introduits : *Tamarixia dryi* Waterston et *T. radiata* Waterston. Très rapidement pour *T. erythraea* et un peu plus lentement pour *D. citri*, on a observé une chute des populations des vecteurs de la maladie (Aubert et Quilici, 1983). On considère que *T. erythraea* est maintenant éradiqué de l'île

tandis que les populations de *D. citri* sont maintenues à un faible niveau (figure 2).

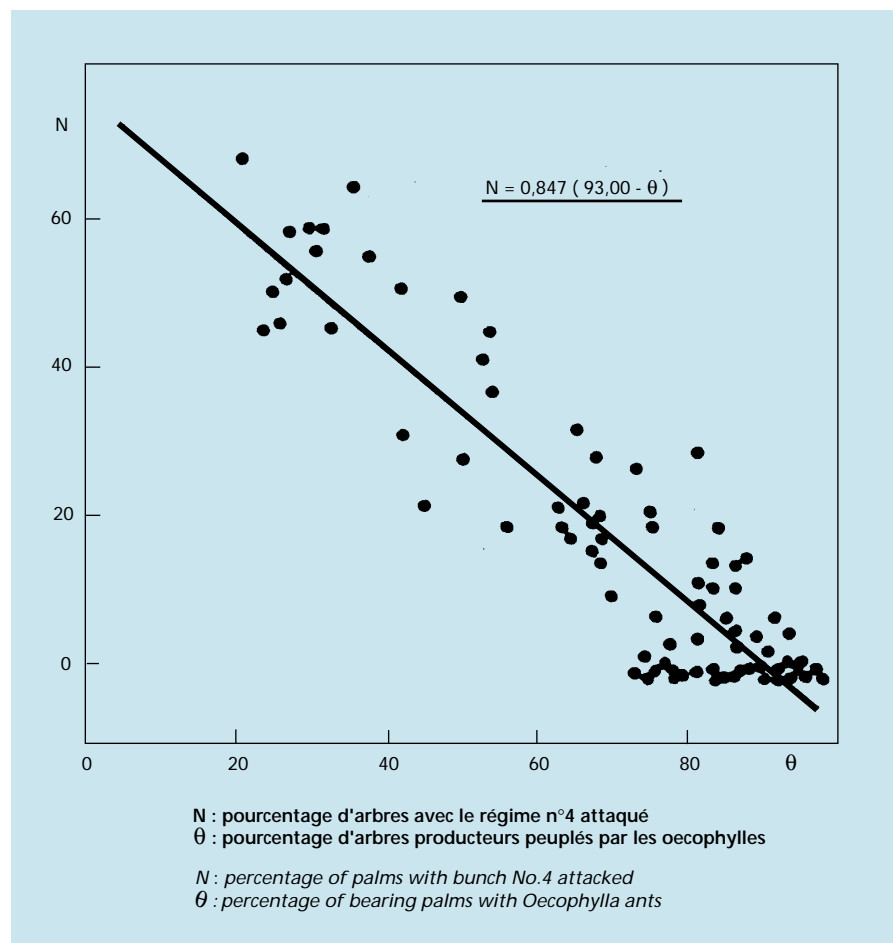
## Les organismes entomopathogènes comme insecticides biologiques

Les insectes ne sont pas les seuls facteurs de régulation des populations des insectes ravageurs. Chez de nombreuses familles d'insectes, notamment celles appartenant à l'ordre des Lépidoptères, les virus jouent souvent un rôle très important. Parmi les chenilles défoliatrices de palmiers, on a observé des virus sur 29 espèces dont 21 sont des *Limacodidae* et les 8 autres appartiennent à 5 familles différentes. Ces virus sont de plusieurs types : picornavirus, densovirus, polyédrose nucléaire, granuleuse, réovirus et  $\beta$ -*Nudaurelia* (tableau). Chez bien des espèces, on observe des virus en mélange, l'un étant généralement prédominant par rapport à l'autre ou aux autres.

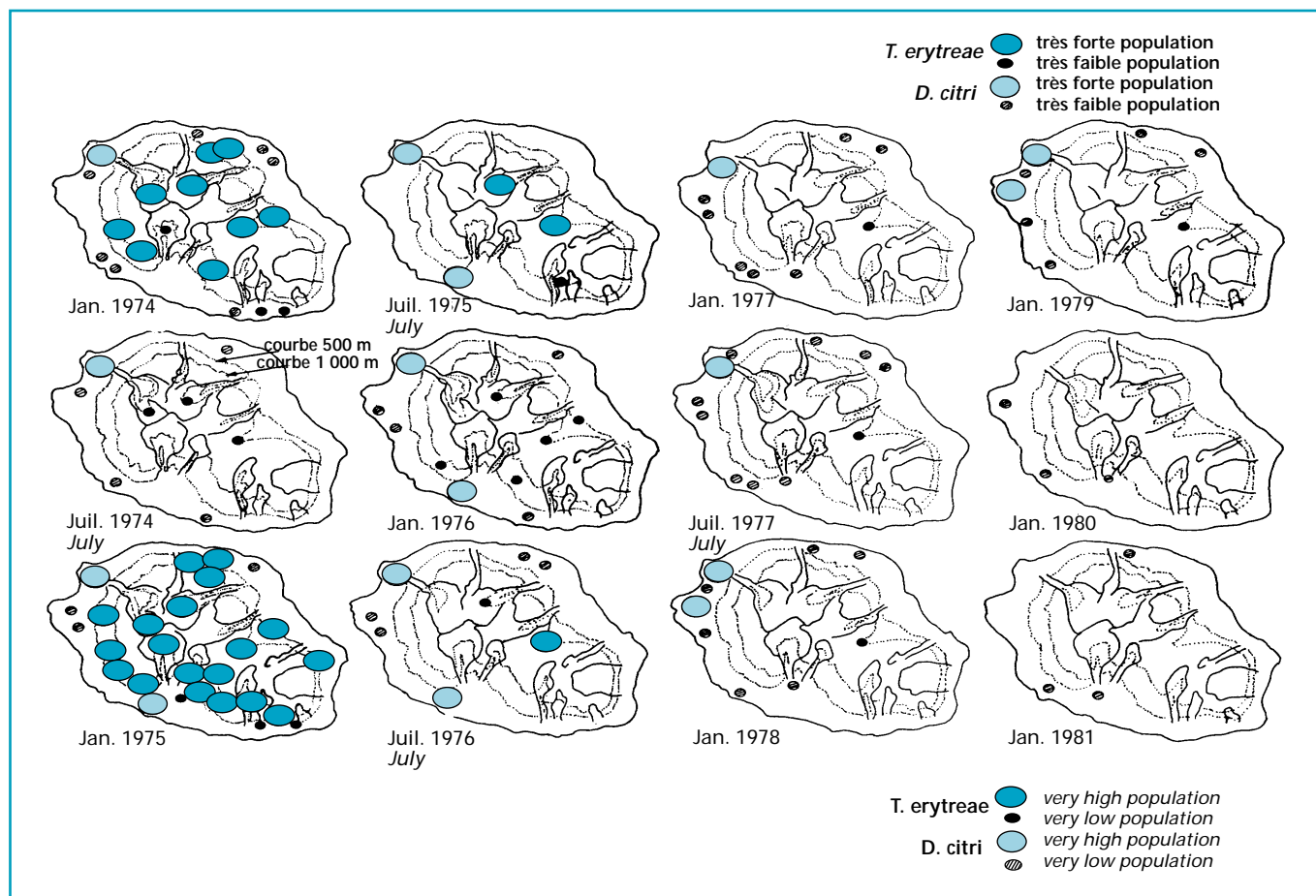
Chez plusieurs espèces importantes, des recherches approfondies ont été conduites jusqu'à l'utilisation du virus comme insecticide biologique. Comme pour *Sibine fusca* Stoll (*Limacodidae*), important ravageur des palmeraies colombiennes dont les populations larvaires peuvent être affectées par un densovirus. Des essais préliminaires de pathogénicité avaient été faits avec des broyats de chenilles malades (Genty et Mariau, 1975). Après plusieurs étapes, les recherches ont abouti à la mise en place de traitements aériens qui ont donné des résultats spectaculaires (figure 3). Il est ainsi possible de déclencher une épizootie au sein des populations, sans qu'un effet dose ait pu être mis en évidence. Les insectes de l'objet témoin n'étaient, au cours de l'expérimentation, régulés de manière naturelle que par diverses espèces d'insectes parasitoïdes. Une des caractéristiques de ces virus est d'être d'une très grande spécificité dans la mesure où ils sont généralement inactifs sur une espèce proche d'un point de vue systématique.

## Les méthodes de piégeage olfactif et visuel

Chez de très nombreuses espèces d'insectes, les *stimuli* visuels et olfactifs jouent un rôle capital dans le déterminisme du comportement des insectes. Ils peuvent ainsi reconnaître la plante-hôte, le partenaire sexuel ou



**Figure 1.** Relation entre degré d'attaque par *Pseudotheraptus devastans* et le peuplement des arbres par les oecophylles. / Relation between the degree of *Pseudotheraptus devastans* attacks and *Oecophylla* populations in palms.



**Figure 2.** Evolution des populations de *Trioza erytreae* et *Diaphorina citri* après introduction de 2 espèces d'hyménoptères *Eulophidae*, à la Réunion. *Changes in Trioza erytreae and Diaphorina citri populations after the introduction of two Hymenoptera Eulophidae species on Réunion.*

la proie. La puissance de ces *stimuli* a été mise à profit pour améliorer et diversifier les moyens de lutte. Si les techniques de piégeage ne peuvent être utilisées comme méthodes de contrôle direct, elles sont employées comme révélateurs de la dynamique des populations au sein d'un réseau d'avertissement agricole.

*Augosoma centaurus* Fabricius est le plus grand coléoptère dynastide africain ; il atteint 65 mm de longueur. En pénétrant dans le cocotier après avoir pris appui à la base des feuilles, il peut entraîner des dégâts considérables dans les jeunes plantations. Durant les premières heures de la nuit, au cours de ses déplacements, il est très attiré par les lumières. Cette caractéristique a été utilisée pour la mise au point d'une méthode de lutte directe. Des pièges lumineux émettant une lumière enrichie en ultraviolets capturent jusqu'à 95 % des populations (Vénard-Combes et Mariau, 1983).

*Hypsipyla robusta* (Moore) (*Pyralidae*, *Phyticinae*), foreur du bourgeon pendant les premières années de croissance, est le

plus important ravageur des acajous. Les recherches ont permis d'identifier, puis d'utiliser, la phéromone de cet insecte comme technique de piégeage sexuel. Cette phéromone est un composé complexe de 3 constituants. Le mélange tertiaire est le plus attractif à la dose la plus faible, de 0,5 µg ; son activité diminuant avec des doses plus fortes (figure 4) (Brunck et Bosson, 1983), d'autres composés ayant probablement un pouvoir inhibiteur.

### Les techniques culturales comme moyen de lutte

Les techniques agricoles défavorables au développement des ravageurs offrent une gamme extrêmement variée de méthodes de lutte. Le cas de l'*Oryctes* (*Coleoptera Scarabaeidae*) en est un bon exemple. Ce genre, avec 2 espèces principales (*O. monoceros* Ol. en Afrique et *O. rhinoceros* L. en Asie et dans le Pacifique) est l'un des ravageurs les plus importants du cocotier et du palmier à huile. L'adulte creuse une galerie verticale qui commence à l'aisselle des plus

jeunes feuilles et descend en direction du bourgeon terminal qui, s'il est atteint, entraîne la mort de l'arbre. La larve se développe, notamment, dans les bois décomposés et donc dans les troncs des arbres abattus, si la plantation est réalisée sur forêt, et dans les stipes de palmiers à huile ou de cocotiers en cas de replantation. Toutes ces matières végétales en décomposition constituent, au moment de l'abattage, des refuges larvaires potentiels de l'insecte. Leur élimination s'est naturellement révélée très efficace, mais constituait une opération très coûteuse et peu respectueuse de l'environnement.

On a constaté que lorsque la végétation recouvrait ces refuges potentiels, avant leur décomposition, ils n'étaient pas visités par les adultes en quête d'un lieu de ponte. Au moment de la création de la plantation, les agronomes recommandent le semis d'une légumineuse, *Pueraria javanica* par exemple, qui présente de nombreux avantages agronomiques : lutte contre l'érosion et les mauvaises herbes, fixation de l'azote atmosphérique. Les entomologistes ont uti-

Tableau. Répartition mondiale des différents virus affectant les ravageurs des palmiers (Mariau, Desmier de Chenon, 1990).  
Distribution of the different viruses of palm pests worldwide (Mariau, Desmier de Chenon, 1990.)

Type de virus Type of virus	Nombre de genres et d'espèces Number of genera and of species	Familles de ravageurs Pest families						Continents		
		LIM.	LYM.	NOT.	ATT.	MEG.	BRA.	Afrique Africa	Amérique latine Latin America	Asie /Asia
Picornavirus (P)	4	2	1	1				2		2
Densovirus (D)	4	2						1	3	
P + D	2	2							2	
Polyhédrose nucléaire (PN) Nuclear Polyhedrosis (NP)	7	4	2		1				3	4
Granulose /Granulosis (G)	3	2				1			2	1
Réovirus /Reovirus (R)	1	1							1	
<i>β-Nudaurelia</i> (BN)	2	2								2
BN + NP / BN + PN	1	1								1
BN + G	2	2								2
BN + NP / BN + PN	1	1								1
BN + P	1	1								1
P + NP / P + PN	1	1								1
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

LIM. = Limacodidae ; LYM. = Lymantriidae ; NOT. = Notodontidae ; ATT. = Attacidae ; MEG. = Megalopygidae ; BRA. = Brassolidae.

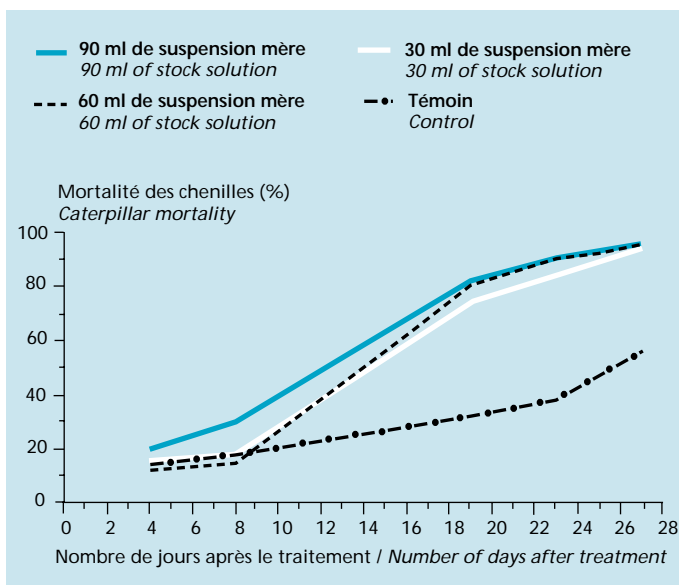


Figure 3. Efficacité de différentes doses de suspension mère de densovirus contre les chenilles de *Sibine fusca* par voie aérienne (Colombie).  
Effectiveness of different doses of densovirus stock solution against *Sibine fusca* caterpillars in aerial treatments (Colombia).

demandé aux sélectionneurs de collaborer avec les entomologistes.

*Eriophyidae*, *Phyllocoptruta oleivera* Ashmead, appelé phytopte des agrumes, est le principal acarien nuisible en verger de citrus dans l'île de la Réunion. On a constaté une grande variabilité de la sensibilité variétale des agrumes à celui-ci (Quilici *et al.*, 1989). Les observations ont porté sur 11 variétés d'agrumes. Si les oranges testées se sont révélées être très sensibles, certaines mandarines comme Commune et Satsuma, et le tangelo Fairchild, se sont montrés particulièrement tolérants aux populations naturelles de l'acarien, dans les conditions écologiques locales (figure 6).

## Conclusion

Les entomologistes du Cirad<sup>(1)</sup> ont pour objectif non seulement d'utiliser des méthodes de lutte chimique respectueuse de l'environnement mais, en faisant appel à l'observation et à l'imagination, de diversifier les moyens de lutte. Grâce à une connaissance approfondie des ravageurs et du milieu biotique et abiotique dans lequel ils vivent, on peut parvenir à mettre au point, en complément ou en remplacement des méthodes de lutte chimique raisonnée, des techniques originales parfaitement respectueuses de l'environnement et participer, ainsi, à la révolution qui se veut doublement verte. ■

<sup>(1)</sup>Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

lisé cette technique agronomique pour lutter contre l'*Oryctes*. Ils ont montré que si les troncs abattus de la forêt ou les stipes des vieux palmiers étaient recouverts moins d'un an après l'abattage, les attaques d'*Oryctes* devenaient tout à fait supportables (Julia et Mariau, 1976) (figure 5).

Une plantation de cocotiers, en Indonésie, était ravagée par les attaques du termitte *Coptotermes curvignathus* Holmgren. On s'est rendu compte que ces attaques étaient liées à l'utilisation d'une pratique culturale mal adaptée. Au cours de l'andainage, une partie des troncs des arbres abattus, qui contenaient des nids de *C. curvignathus* étaient enterrés, permettant ainsi une multiplication considérable des populations et

rendant par la suite la lutte coûteuse, peu efficace et polluante. La méthode la plus réaliste était de détruire les populations avant l'andainage (Mariau *et al.*, 1992).

## Utilisation du matériel végétal tolérant

La sélection de matériel végétal tolérant aux maladies est souvent prise en considération par les spécialistes dans la mesure où, dans bien des cas, il n'y a pas d'autres solutions à proposer aux cultivateurs. Pour lutter contre les insectes et autres ravageurs, on dispose d'une panoplie beaucoup plus variée de moyens de lutte. Cependant, dans les cas les plus difficiles, il est

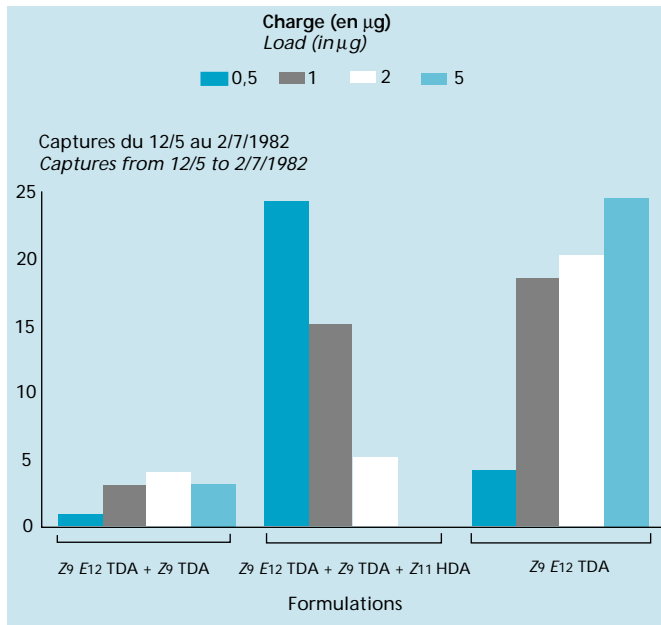


Figure 4. Piégeage de *Hypsipyla robusta* avec différentes formulations.  
*Hypsipyla robusta* trapping with different formulations.

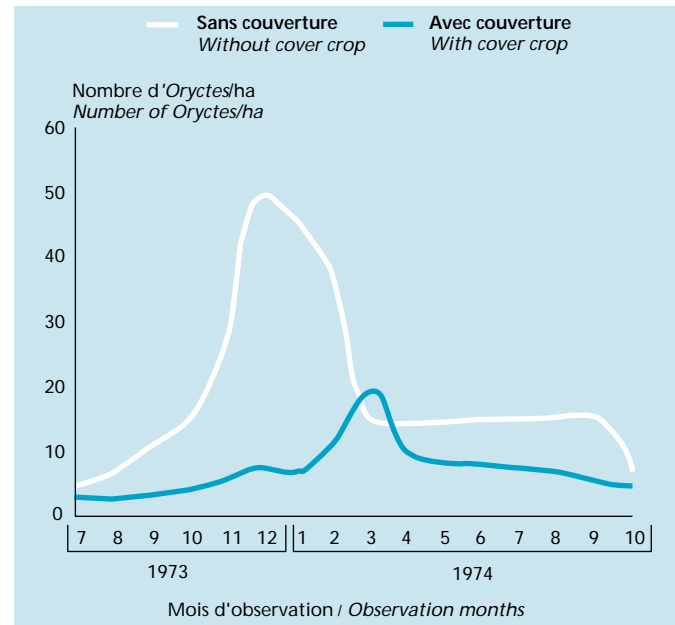
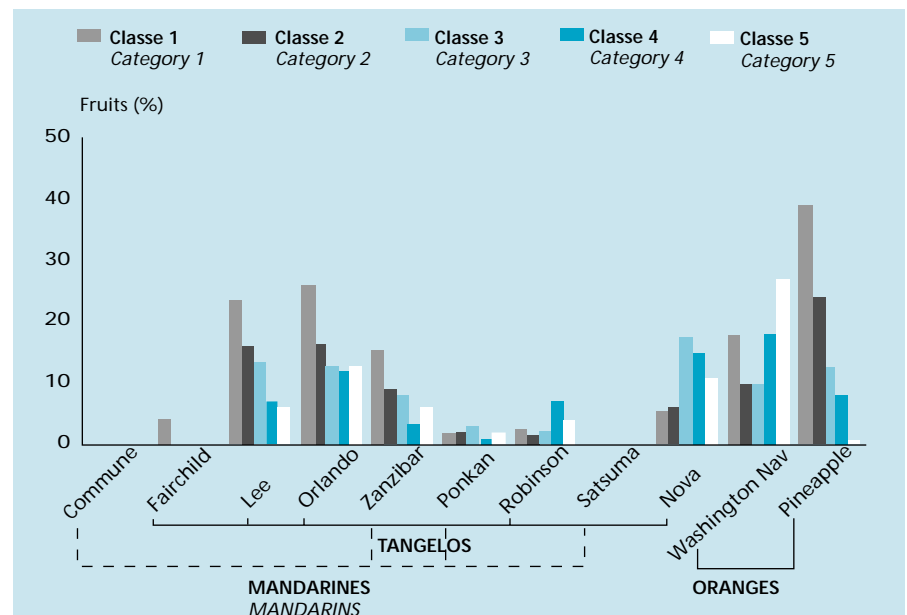


Figure 5. Nombre d'Oryctes par hectare en fonction de la plante de couverture. / Number of Oryctes per hectare depending on cover crop.

Figure 6. Dégâts de *Phyllocoptruta oleivora* sur les fruits de différentes variétés d'agrumes. Bassin-Martin, la Réunion 1989. *Phyllocoptruta oleivora* damage on the fruits of different citrus varieties. Bassin-Martin, Réunion 1989.



## Bibliographie / References

- AUBERT B., QUILICI S., 1983. Nouvel équilibre biologique observé à la Réunion sur les populations de psyllidés après l'introduction et l'établissement d'hyménoptères chalcidiens. *Fruits* 38 (11) : 771-780.
- BRUNCK F., BOSSON G.A., 1983. Compte-rendu des essais de piégeage sexuel des mâles d'*Hypsipyla robusta*. Nogent-sur-Marne, France, CIRAD-Forêt, 7 p. (document interne).
- GENTY P., MARIAU D., 1975. Utilisation d'un germe entomopathogène dans la lutte contre *Sibine*

- fusca* (*Limacodidae*). *Oléagineux* 30 (8-9) : 349-354.
- JULIA J.F., MARIAU D., 1976. Recherches sur l'*Oryctes monoceros* Ol. en Côte d'Ivoire. I. Lutte biologique. Le rôle de la plante de couverture. *Oléagineux* 31 (2) : 63-68.
- JULIA J.F., MARIAU D., 1978. La punaise du cocotier *Pseudotheraptus* sp. en Côte d'Ivoire. I. Etudes préalables à la mise au point d'une méthode de lutte intégrée. *Oléagineux* 33 (2) : 65-75.

- MARIAU D., RENOUX J., DESMIER DE CHENON R., 1992. *Coptotermes curvignathus* Holmgren *Rhinotermitidae*, principal ravageur du cocotier planté sur tourbe à Sumatra. *Oléagineux* 47 (10) : 561-568.
- VENARD-COMBES P., MARIAU D., 1983. *Augosoma centaurus* Fabricius (*Coleoptera Scarabaeidae*), important ravageur du cocotier en Afrique. Description, biologie, méthode de lutte. *Oléagineux* 38 (12) : 651-657.

## Biological control of tropical tree crop pests

Mariau D., Decazy B., Quilici S., Mallet B., Morin J.P., Arbonnier M., Philippe R.

CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Researchers have pooled their observations and imagination to develop original and environment-friendly alternative control methods for use with or instead of chemical control.

Over the last thirty years, most tropical tree crops have developed spectacularly. The areas planted with oil palm have increased sevenfold in Malaysia and tenfold in Indonesia. These two countries currently produce 12 million tonnes of palm oil, compared to 250,000 t in the early 1960s. Coffee accounted for almost 50% of agricultural export earnings in Colombia in 1990, and cocoa for over 40% in Côte d'Ivoire, where output has increased over tenfold in 30 years. In Morocco, citrus fruit sales represent 20% of earnings from food exports.

All these plants have numerous enemies which can in many cases substantially reduce yields and even threaten the life of the plants. Although rational chemical control, which takes account of the different environmental factors, is still essential in most cases, research can develop alternative control methods for use alone or combined with chemical control.

### Useful insects

Knowledge of the fauna associated with pests is essential for developing an effective control strategy. In fact, it is important to know the impact of these natural enemies on the different stages of the host insect's development in order to protect them, encourage their multiplication and possibly increase population levels by additional introductions.

In oil palm plantations in South America, over a hundred parasitoid and hyperparasitoid species can develop on one or more pest insects. The disturbance caused by using highly toxic insecticides is comparable to letting a bull loose in a china shop.

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari, which originated in Africa, has now been introduced accidentally in almost all coffee producing countries, notably in Latin America, where it causes considerably greater damage than in Africa, since it was introduced without its natural enemies, which will now have to be introduced.

The puncture wounds caused by *Pseudotheraptus devastans* (Distant) cause coconut palm flowers and young nuts to fall (Julia and Mariau, 1978). In the event of high population levels, the whole harvest can be wiped out. Coconut palms with *Oecophylla longinoda* Latreille ants are seen to be free from attack, and if populations are regularly distributed on 80% of the palms, attack rates fall to 10% (figure 1). These ants can be encouraged to develop by installing aerial bridges between the coconut palms and by controlling other ant species that prevent them spreading.

The coconut scale, *Aspidiotus destructor* Signoret, is one of the most significant coconut pests. It has been introduced in all the coconut producing countries worldwide, which has necessitated numerous introductions of *Coleoptera Coccinellidae*, the main natural enemies of the scale insects, including those belonging to the following genera: *Chilocorus*, *Exochomus*, *Cryptognatha*, *Lindorus*, etc.

The citrus psyllids *Trioza erythrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama were introduced on Réunion and became a major threat to citrus species as the vectors of a very serious degenerative disease known as citrus greening. The useful insects present at the time of their introduction were incapable of keeping psyllid population down sufficiently, particularly given that they were vectors. Consequently, two Hymenoptera Eulophidae were introduced: *Tamarixia dryi* Waterston and *T. radiata* Waterston. Disease vector populations were seen to fall, very rapidly for *T. erythrae* and a little more slowly for *D. citri* (Aubert and Quilici, 1983). *T. erythrae* is now considered to have been eradicated from the island, while *D. citri* populations are maintained at low levels (figure 2).

### Entomopathogenic organisms as biological insecticides

Insects are not the only way of regulating insect pest populations. In many insect families, primarily those of the Lepidoptera order, viruses often play a very important role. Amongst oil palm leaf-eating caterpillars, viruses have been observed on 29 species, 21 of them Limacodidae and the other eight from five different families.

There are several types of viruses: picornaviruses, densovirus, nuclear polyhedrosis, granulosis, reoviruses and  $\beta$ -*Nudaurelia* (table). Many species are affected by several viruses, although one is usually predominant.

For many major species, detailed research has been carried out, including the use of viruses as biological insecticides. One example is *Sibine fusca* Stoll (Limacodidae), a major pest in Colombian oil palm plantations, whose larvae can be affected by a densovirus. Preliminary pathogenicity trials had been carried out with liquidized diseased caterpillars (Genty and Mariau, 1975). After several stages, the research led to the introduction of aerial treatments, which give spectacular results (figure 3). An epizootic can be triggered within populations, with no apparent dose effect, whereas population levels in the control treatment were only naturally regulated by various species of parasitoid insects. One of the characteristics of these viruses is that they are highly specific, i.e. they are generally inactive on similar species from a systematic point of view.

### Olfactory and visual trapping methods

In many insects species, visual and olfactory stimuli play a major role in determining insect behaviour enabling them to recognize their host plant, sexual partner or prey. The power of these stimuli was put to good effect to improve and diversify control methods. Although trapping techniques cannot be used as direct control methods, they can reveal population dynamics within an agricultural early warning network.

*Augosoma centaurus* Fabricius is the largest African *Coleoptera Dynastidae*; it can be up to 65 mm long. Supported by the leaf base, it penetrates the plant and can cause substantial damage in young coconut plantings. As it moves around in the early hours of the night, it is easily attracted by light, and this characteristic has been used to develop a direct control method. Traps emitting an ultraviolet-enriched light can capture up to 95% of the insects present (Vénard-Combes and Mariau, 1983).

*Hypsipyla robusta* Moore (Pyralidae Phyticinae), a bud borer that affects the first years of growth, is the most serious pest on

The contents of this article were presented in a paper at PIPOC 96 "PORIM International Palm Oil Congress: competitiveness for the 21st century", in Kuala Lumpur (Malaysia) from 23rd to 28th September 1996.

mahogany. Research led to the identification and use of the pheromone of the insect for sexual trapping. The pheromone is a complex compound with three constituents. The tertiary mixture is most attractive at the lowest dose, 0.5 µg, and is less active at higher doses (figure 4) (Brunk and Bosson, 1983), whilst other compounds probably play an inhibitive role.

### Crop techniques as control methods

Agricultural techniques to discourage pest development offer an extremely wide range of possible control methods. *Oryctes* (*Coleoptera Scarabaeidae*) is a good example of this type of control method. The *Oryctes* genus, with its two main species (*O. monoceros* Ol. in Africa and *O. rhinoceros* L. in Asia and the Pacific) is one of the most serious coconut and oil palm pests. The adult mines a vertical gallery, starting from the axil of the youngest leaves and leading down towards the terminal bud; if the bud is affected, the palm invariably dies. The larva primarily develops in rotting wood, hence in the trunks of felled trees, if the planting is set up on forest land, or in oil palm or coconut stems in the case of replantings. When felled, all these pieces of rotting wood are potential larva development sites. The total elimination of all wood is obviously very effective, but is also extremely costly and not very environment-friendly.

It has been seen that if the wood is covered with vegetation before it begins to rot, adult

insects no longer visit it in search of egg-laying sites. When setting up plantings, agronomists recommend sowing a legume cover crop, for example *Pueraria javanica*, which offers numerous agronomic advantages: erosion and weed control, atmospheric nitrogen fixation. Entomologists have used this agronomic technique to control *Oryctes*, showing that provided the felled forest trunks or palm stems are covered within a year of felling, *Oryctes* attack levels become entirely tolerable (Julia and Mariau, 1976) (figure 5).

A coconut plantation in Indonesia was devastated by the termite *Coptotermes curvignathus* Holmgren, and it was realized that the attacks were linked to an inappropriate crop technique: during windrowing, some of the felled stems, which contained *C. curvignathus* nests, were buried, enabling large-scale multiplication of the termite and subsequently rendering control costly, largely ineffective and polluting. The most realistic solution was to destroy the termite populations before windrowing (Mariau *et al.*, 1992).

### Use of tolerant planting material

Specialists often consider breeding disease-tolerant planting material when, as frequently happens, they have no other solution to offer to growers. There is a much wider range of ways of controlling insects and other pests, but in the most difficult cases, breeders are called upon to work with entomologists.

This was the case with the Eriophyidae mite *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead, known as the citrus rust mite, which is the main mite affecting citrus on Réunion. Varietal susceptibility to the mite varies greatly (Quilici *et al.*, 1989). The observations covered eleven citrus varieties, and although the oranges tested proved highly susceptible, certain mandarins such as the common variety and satsuma and the Fairchild tangelo were particularly tolerant to natural populations of the mite, under the local ecological conditions (figure 6).

### Conclusion

These few examples show that CIRAD<sup>(1)</sup> entomologists are not only working towards environment-friendly chemical control methods, but also using their observations and imagination to diversify the range of control methods. In-depth knowledge of pests and of their biotic and abiotic environment can be used to develop original, totally environment-friendly techniques to be combined with or to replace rational chemical control methods, hence contributing to the so-called doubly green revolution.■

(1) Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

## Résumé

Les recherches des entomologistes du Cirad, spécialisés dans les cultures pérennes, portent sur : palmiers à huile, cocotiers, caféiers, cacaoyers, arbres fruitiers et espèces forestières. Elles visent à améliorer les connaissances des facteurs biotiques et abiotiques qui limitent les populations des ravageurs : les insectes entomophages (parasites et prédateurs), les organismes entomopathogènes (champignons et virus), piégeage olfactif (phéromones et composés allélochimiques) et piégeage visuel. Plusieurs introductions de parasitoïdes et de prédateurs ont été efficaces. Dans quelques cas, des techniques culturelles défavorables aux ravageurs ont été proposées, dans d'autres, l'utilisation de matériel végétal tolérant a été recommandée.

## Abstract

Cirad entomologists specialized in tree crops are working on oil palm, coconut, coffee, cocoa, fruit trees and forest species, with a view to learning more about the biotic and abiotic factors that limit pest populations: entomophagous insects (parasites and predators), entomopathogenic organisms (fungi and viruses), olfactory trapping (pheromones and allelochemical compounds) and visual trapping. Several parasitoid and predator introductions have proved effective. In a few cases, crop techniques that discourage pests have been proposed, and in others planting tolerant material has been recommended.

## Resumen

Las investigaciones de los entomólogos del Cirad, especializados en los cultivos perennes, abarcan: palma aceitera, cocotero, cafeto, cacao, árboles frutales y especies forestales. Tienden a mejorar los conocimientos de los factores bióticos y abióticos que limitan las poblaciones de las plagas: los insectos entomófagos (parásitos y predadores), los organismos entomopatogénos (hongos y virus), trapeo olfativo (feromonas y compuestos aleloquímicos) y trapeo visual. Varias introducciones de parasitoïdes y de predadores resultaron eficaces. En algunos casos, se propusieron técnicas de cultivo desfavorables a las plagas, en otros, se recomendó utilizar material vegetal tolerante.