

Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale



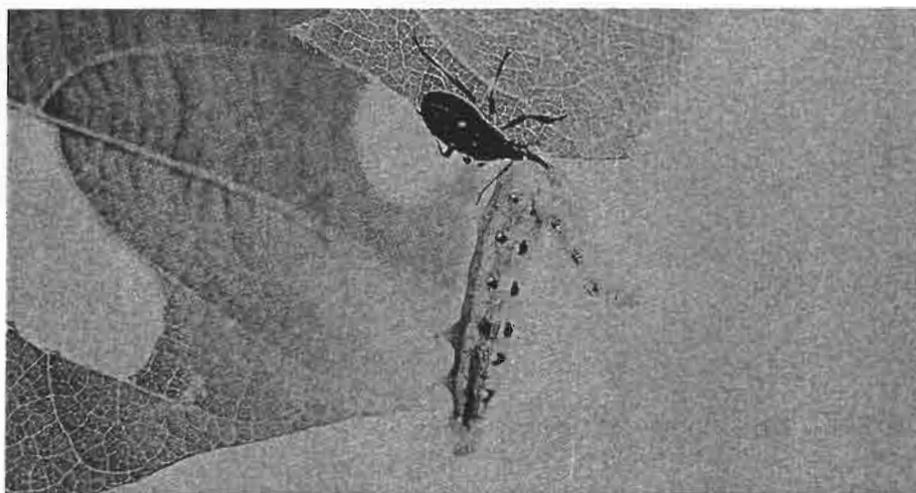
En Afrique saoudano-sahélienne, les contraintes économiques et écologiques conduisent les paysans à traiter les cultures cotonnières selon de nouveaux programmes de protection, avec des densités de traitement prises d'après les seuils de présence des insectes (ou de leurs dégâts) et un choix soigné des produits. L'efficacité de ces traitements ainsi que la protection de l'environnement supposent le respect de nombreuses règles d'application. Ces recommandations ont été développées dans deux articles antérieurs : *Agriculture et développement* n° 3, août 1994, n° 5, mai 1995. Dans ce dernier volet, sont présentées les alternatives à la lutte chimique que constituent les méthodes culturales, les caractères variétaux de tolérance aux ravageurs, les auxiliaires entomophages, les agents entomopathogènes et les médiateurs chimiques. L'utilisation conjointe de distributeurs de régulation et des insecticides chimiques est un exemple de lutte intégrée pour la protection phytosanitaire du cotonnier.

M. VAISSAYRE, J. CAUQUIL, P. SILVIE
CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Ces résultats et ces conseils sont le fruit des travaux des équipes de recherche en entomologie et des spécialistes des organismes nationaux africains (SNRA), de l'IRCT (Institut de recherche du coton et des textiles exotiques) jusqu'en 1992 et du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Ils sont fondés sur plus de dix années d'expérimentations et d'observations.

Méthodes et moyens intégrée contre les rav

Pour faire face à un parasitisme intense et diversifié, les producteurs de coton recourent le plus souvent à la lutte chimique, dont les résultats sont perceptibles à court terme. Les risques, liés aux applications répétées de pesticides, sont multiples : déséquilibres de la faune entomologique, acquisition de résistance aux pesticides, risques d'intoxication des agriculteurs, pollution de l'environnement. Depuis plusieurs années, les recherches conduites en culture cotonnière, en particulier par les entomologistes du CIRAD sont motivées par l'objectif d'intégrer les diverses techniques de lutte contre les ravageurs, afin de réduire la dépendance de la culture à l'égard des pesticides.



Prédation de larve de *Spodoptera littoralis* par une larve d'*Asopininae*.
Cliché CIRAD-UREA

Le spectre parasitaire des cultures de cotonnier est très vaste, avec plus de 70 espèces d'arthropodes nuisibles recensées, appartenant principalement aux ordres des homoptères (jassides, pucerons et aleurodes), des hétéroptères (punaises et mirides), des lépidoptères (phyllophages et carpophages) et des coléoptères, auxquels s'ajoutent les acariens (tétranyques et tarsonèmes), les diplopodes et les nématodes (tableau 1). En Afrique tropicale, les pertes de récolte consécutives aux attaques de ces ravageurs atteignent au moins 30 % du rendement jusqu'à la destruction quasi totale du potentiel de production.

Même si la lutte chimique reste inévitable dans de nombreux agrosystèmes, les méthodes culturales, les caractères variétaux de tolérance aux insectes, l'action des auxiliaires entomophages et des agents entomopathogènes, ainsi que les perspectives offertes par les médiateurs chimiques, sont à prendre en compte

pour diminuer la dépendance de la culture à l'égard des pesticides.

Cette synthèse fait plus particulièrement référence aux travaux du CIRAD en Afrique tropicale, mais également en Amérique latine et en Asie du Sud-Est (tableau 1).

Les pratiques culturales

Toutes les pratiques agronomiques entrant dans la conduite de la culture sont concernées : le semis, les cultures associées, la densité de peuplement, le désherbage, le contrôle de la croissance de la plante et la fertilisation.

Le cycle de la plante et celui des ravageurs

Le cycle de croissance et de développement du cotonnier doit être confronté à la dynamique des populations des ravageurs. La connaissance de la période de floraison utile,

de lutte ageurs

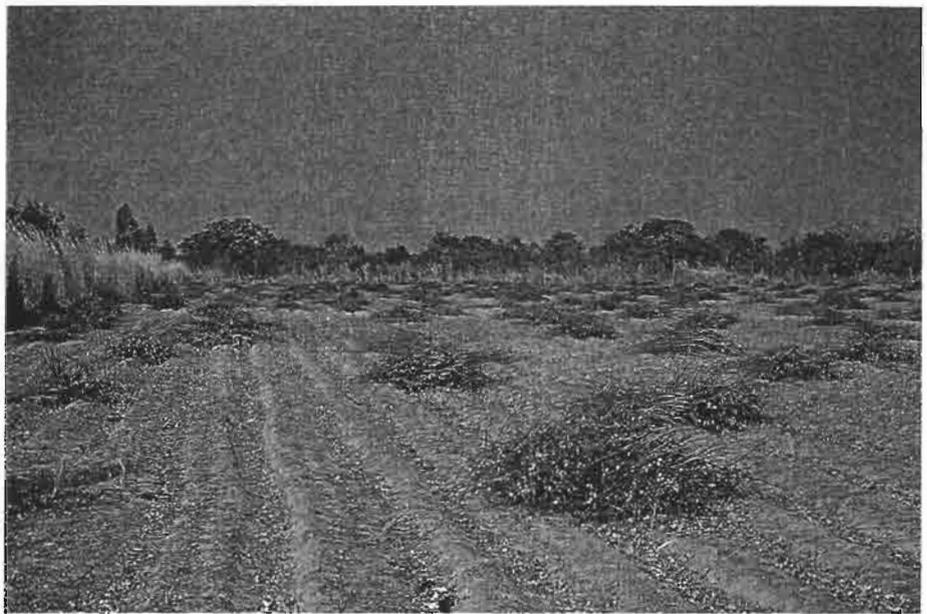
L'analyse des facteurs responsables de la chute des organes florifères et fructifères et les possibilités de compensation sont pris en compte pour décider des modes d'interventions nécessaires.

Dans les zones d'Afrique étudiées, compte tenu des conditions climatiques, les semis précoces sont les plus favorables à l'expression du potentiel de production du cotonnier. Mais il existe des situations où, pour éviter les dégâts d'un ravageur (ou d'un groupe de ravageurs), il est conseillé de retarder le semis, voire d'implanter une culture différente du cotonnier en début de saison.

C'est ainsi que la succession maïs-cotonnier a été recommandée dans le centre de la Côte d'Ivoire, avant que l'introduction des pyréthri-noïdes ne permette la maîtrise de *C. leucotreta* (ANGELINI, 1963).

L'association des cultures

Dans un certain nombre de pays, la culture cotonnière traditionnelle associe des espèces rustiques — le plus souvent *Gossypium arboreum* L. — à d'autres cultures annuelles et parfois pérennes. Avec l'introduction de *G. hirsutum* L., cette pratique s'est poursuivie, en particulier dans le Sud-Est asiatique. Bien que les conséquences phytosanitaires soient peu étudiées, il semble que certaines cultures associées au cotonnier aient une incidence sur la dynamique des ravageurs (favorisant les insectes ou les détournant du cotonnier) ou sur le renforcement de la densité de l'entomofaune utile (NIBOUCHE, 1995 ; SOGNIGBE, 1989).



Résidus de récolte d'un champ de cotonnier.
Cliché CIRAD-UREA

Le contrôle des adventices

DEGUINE (1995) a abordé l'inventaire des refuges de la faune utile susceptible de contrôler les populations d'*A. gossypii* au nord du Cameroun. Si les mauvaises herbes abritent des populations déprédatrices dans les parcelles cultivées, elles constituent également un réservoir d'entomophages, qui peut être dirigé au profit de la culture cotonnière dans certains cas (PERRIN, 1975).

La fertilisation

Quelques travaux ont été consacrés aux interactions entre la fertilisation et la protection phytosanitaire, montrant combien ces techniques sont complémentaires : la rentabilisation des apports d'engrais dépend de la mise en place d'un programme de protection phytosanitaire adapté au potentiel de la culture (JOLY, 1980 ; CRETENET et VAISSAYRE, 1986 ; EKUKOLE, 1992).

La destruction des résidus de récolte

La destruction des résidus de récolte est une pratique ancienne et efficace lorsqu'une inter-campagne stricte

peut être respectée. Privés de leur plante hôte, les ravageurs s'adaptent en entrant en diapause ou migrent vers d'autres hôtes ou d'autres lieux. La réduction du nombre de plantes hôtes pendant la saison sèche ou la saison froide rend aléatoire la survie des espèces à faible pouvoir migratoire.

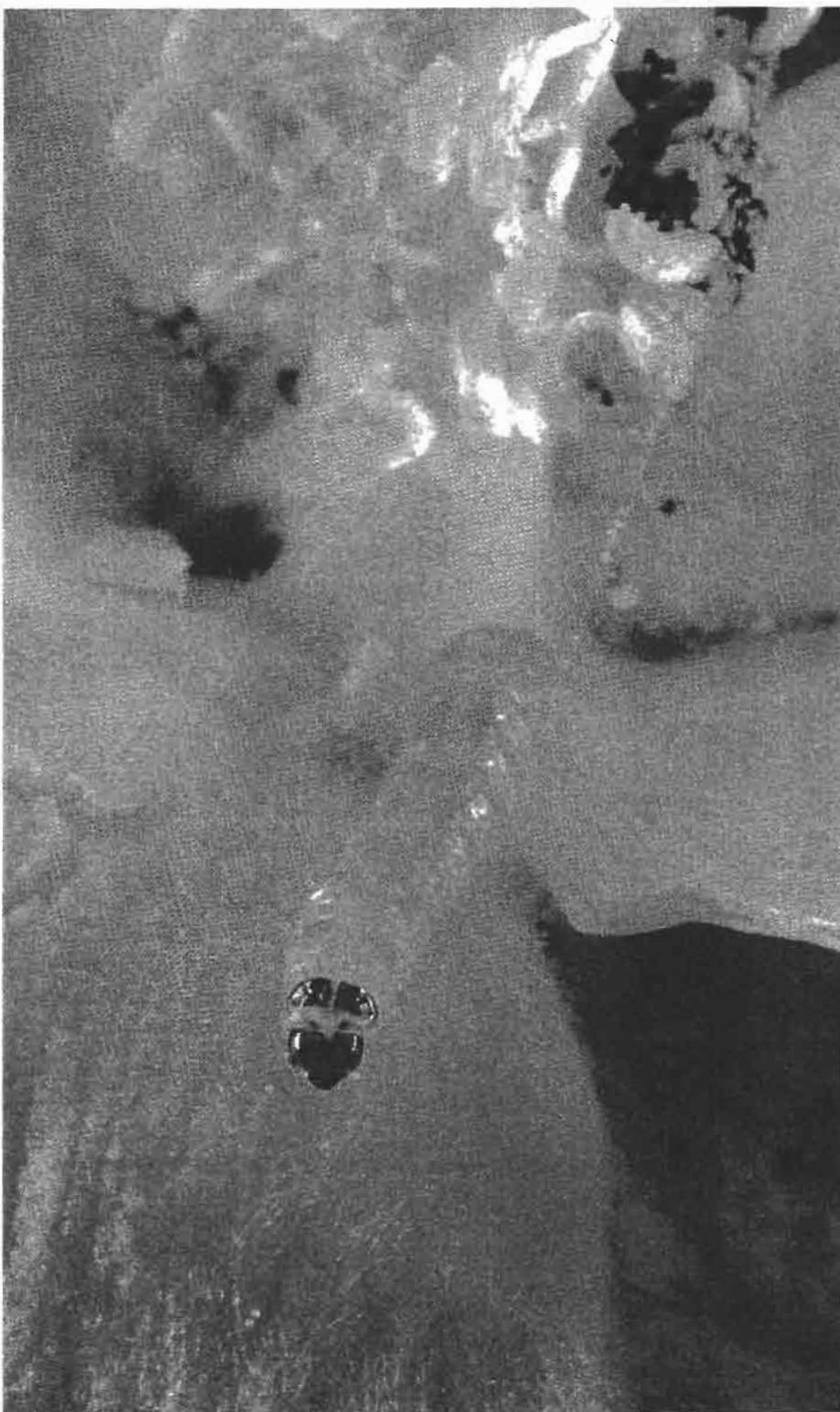
Dans le cas des insectes monophages ou oligophages, qui survivent à l'état de diapause, une destruction soignée des résidus de récolte permet de limiter les populations, en particulier pour *P. gossypiella* (ver rose). Cette opération est effectuée par action mécanique grâce à un gyrobroyage ou en faisant consommer les parties vertes de la plante par des animaux domestiques. Pour les espèces en diapause dans les couches superficielles du sol, le labour est efficace. Les chrysalides, remontées à la surface du sol, sont détruites par la chaleur ou par les prédateurs.

Il est également courant, en Afrique, de couper les cotonniers puis de les brûler. Cette pratique est peu efficace si l'on détruit seulement les tiges et il faut supprimer aussi les repousses. En effet, on peut observer sur les repousses la multiplication de certains ravageurs (homoptères), ou la concentration d'agents infectieux (virus et phytoplasmes). Le recépage,

parfois effectué par des cultivateurs qui manquent de semences, engendre les mêmes dangers de propagation et d'infestation.

Les semences sont aussi une source de dissémination des ravageurs. Des contrôles stricts sont nécessaires en cas de transport de graines d'une zone écologique à une autre, en particulier pour éviter la dissémination du ver rose.

Pectinophora gossypiella
sur une fleur de cotonnier.
Cliché CIRAD-UREA



Les caractères variétaux

La résistance de la plante aux ravageurs peut être d'origine morphologique, biochimique ou génétique (variété transformée par introduction de gènes étrangers à la plante).

Les caractères morphologiques

Certains caractères morphologiques constituent des barrières physiques ou modifient les conditions de développement des ravageurs.

Les variations de pilosité des feuilles

Le caractère morphologique le plus souvent exploité est la pilosité des feuilles. Contre les jassides — espèces africaines (*Jacobiasca* spp.) ou asiatiques (*Amrasca* spp.) —, la pilosité est un caractère important et son efficacité varie selon l'implantation, la longueur, la forme et surtout l'abondance des poils (PARNELL *et al.*, 1949). La pilosité de la plante fait obstacle à la prise de nourriture et à l'oviposition des insectes. Elle présente un intérêt majeur lorsqu'elle limite les infestations de ravageurs de la phase végétative du cotonnier. On évite ainsi de recourir à des applications foliaires de pesticides, la faune auxiliaire étant très active au cours de cette période.

A l'inverse, le caractère glabre du feuillage a parfois été reconnu comme défavorable à l'oviposition de certains lépidoptères et en particulier du complexe *H. virescens/H. armigera* (BHAT *et al.*, 1986). Ce caractère est également nuisible aux infestations d'aleurodes (GERLING, 1990) ; en revanche, il pourrait favoriser le développement des pucerons (DEGUINE, 1995). D'après WILSON (1986), l'intérêt du caractère glabre en grande culture est controversé sur le plan entomologique et semble plutôt lié à la récolte mécanique à cause d'une contamination moindre de la fibre par les débris végétaux.

Tableau 1. Inventaire des insectes cités.

Famille	Genre et espèce
Coléoptères	<i>Anthonomus grandis</i> (Boheman)
	<i>Cheilomenes</i> sp.
	<i>Exochomus</i> sp.
Orthoptère	<i>Oecanthus</i> sp.
Homoptères	<i>Amrasca</i> spp.
	<i>Amrasca biguttula</i> (Ishida)
	<i>Aphis gossypii</i> (Glover)
	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)
	<i>Jacobiasca</i> spp.
Lépidoptères	<i>Alabama argillacea</i> (Hübner)
	<i>Amsacta meloneyi</i> (Druce)
	<i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller)
	<i>Anomis</i> (<i>Cosmophila</i>) <i>flava</i> (Fabricius)
	<i>Autographa californica</i> (Speyer)
	<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Meyrick)
	<i>Cryptophlebia peltastica</i> (Meyrick)
	<i>Diparopsis wateri</i> (Rotschild)
	<i>Diparopsis castanea</i> Hampson
	<i>Earias insulana</i> (Boisduval)
	<i>Earias biplaga</i> Walker
	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)
	<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)
	<i>Heliothis virescens</i> (Fabricius)
	<i>Mamestra brassicae</i> L.
	<i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders)
	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)
	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner)
	<i>Spodoptera exempta</i> (Walker)
	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)
<i>Spodoptera sunia</i> (Guénéé)	
<i>Syllepte derogata</i> (Fabricius)	
Hyménoptères	<i>Aphelinus albidopus</i> Hayat & Kausari
	<i>Brachymeria olethria</i> (Waterson)
	<i>Chelonus curvimaçulatus</i> Cameron
	<i>Encarsia lutea</i> (Masi)
	<i>Eretmocerus mundus</i> (Mundus)
	<i>Gonozius</i> sp.
	<i>Microbracon kirpatricki</i> Wilkinson
	<i>Syrphophagus africanus</i> (Gahan)
	<i>Spodophagus lepidopterae</i> Delvare & Rasplus
	<i>Trichogramma brasiliensis</i>
	<i>Trichogramma lutea</i> Girault
Hétéroptère	<i>Rhinocoris albopilosus</i> (Signoret)
Acarien	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)
Bactérie	<i>Bacillus thuringiensis</i>

Le limbe

L'épaisseur, la dureté et la forme du limbe — avec les feuilles laciniées dites « okra » — peuvent jouer un rôle dans la résistance aux ravageurs. Certaines variétés à feuilles laciniées ont été adoptées en grande culture : Siokra en Australie et Sudac K au Soudan. Grâce à une circulation de l'air accrue, le feuillage de type « okra » entraîne la dessiccation des formes larvaires (cas de *B. tabaci*) et améliore la pénétration des pesticides dans la masse foliaire. DEGUI-NE (1995) a plus particulièrement étudié l'incidence de ce caractère sur les infestations d'*A. gossypii* : l'efficacité de ce caractère n'est pas suffisante. De plus, l'enherbement est favorisé par une meilleure pénétration de la lumière au sol.

La dimension des bractées

L'atrophie ou l'absence de bractées et leur écartement de la capsule (bractées « frego ») sont défavorables à l'oviposition de certains lépidoptères et aux attaques d'*A. grandis* (ANGELINI et al., 1965 ; JENKINS, 1989).

Les nectaires

L'absence de nectaires est un caractère souvent évoqué, car il réduit l'attraction et les possibilités d'alimentation de certains insectes (piqueurs en particulier) sur le cotonnier. Cependant, cet effet est parfois néfaste, car il affecte aussi des espèces utiles.

Conclusion

Si un certain nombre de caractères morphologiques ont été reconnus comme présentant un certain degré d'antixénose, bien peu ont été retenus par les sélectionneurs, à cause de corrélations négatives avec des caractères technologiques (PAULY et VAISSAYRE, 1980).

Les caractères biochimiques

Divers caractères biochimiques de résistance du cotonnier aux ravageurs — le pH du contenu cellulaire,



Variété Deltapine ayant des bractées « frego ».
Cliché CIRAD-UREA

Lexique

Antibiose : la plante exerce une action défavorable sur le métabolisme de l'insecte, pouvant aller jusqu'à la mort du ravageur.

Antixénose : des caractères morphologiques ou physiologiques de la plante agissent comme des répulsifs sur les insectes.

Attract and kill : concept développé aux Etats-Unis, consistant à attirer l'insecte à l'aide d'une phéromone et à le détruire par contact avec un insecticide.

Cip : corps d'inclusion polyédriques, contenant les éléments viraux actifs, ou virions, libérés dans le tube digestif de l'insecte hôte.

Confusion sexuelle : la diffusion d'une phéromone spécifique perturbe la localisation des femelles par les mâles et réduit par conséquent le nombre d'accouplements.

Entomopathogène : microorganisme (virus, bactérie ou champignon) à l'origine d'une maladie des insectes.

Hyperparasite : insecte se développant aux dépens d'un insecte considéré comme utile (prédateur ou parasitoïde).

Médiateur chimique : substance volatile permettant l'information de l'insecte et modifiant son comportement pour le choix de la plante hôte, du lieu de ponte, du partenaire sexuel...

Parasitoïde : organisme effectuant une partie de son cycle dans le corps de l'insecte hôte, dont il provoque la mort.

Phytoplasme : dénomination des microorganismes proches des bactéries, pathogènes des plantes (antérieurement appelés mycoplasmes).

Tolérance : la plante supporte l'attaque des ravageurs et les dégâts restent sans incidence.

VG : virose à granule ou granulose, un seul virion est inclus dans un corps de nature protéinique.

VPN : virose à polyèdres nucléaires, plusieurs virus sont inclus dans un corps de nature protéinique, se multipliant aux dépens du noyau des cellules de l'hôte.

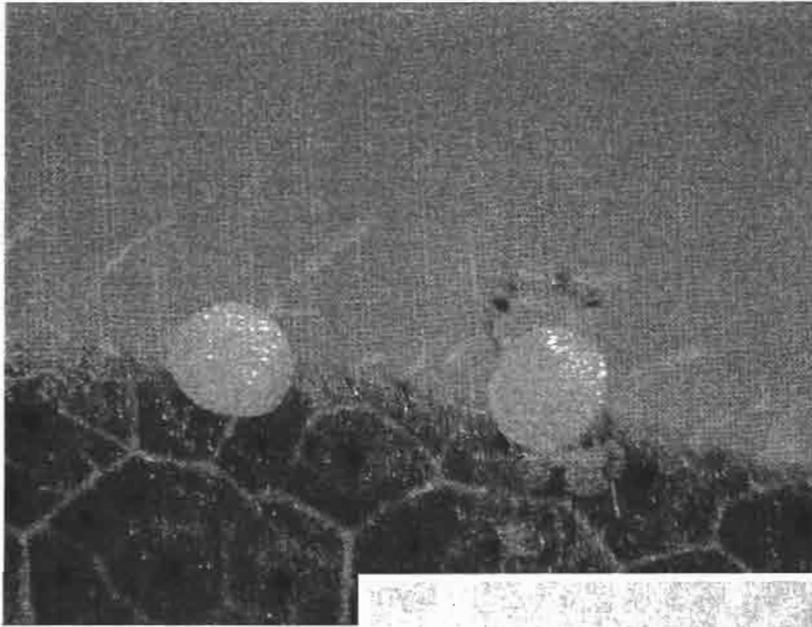
la turgescence foliaire et la composition de la plante en sucres, en protéines et en sels minéraux — influencent le comportement et le développement des ravageurs. Des substances chimiques (gossypol, tannins, flavonoïdes) constituent un facteur d'antibiose contre certains ravageurs comme *H. armigera*, les jassides, les altises. Ces caractères biochimiques sont très étudiés aux Etats-Unis, sans résultats significatifs en création variétale (JENKINS, sous presse).

La sélection de variétés dépourvues de glandes à gossypol (cotonnier *glandless*, dans le but de valoriser la graine de coton et ses dérivés, a connu un certain succès en Afrique francophone, puisque les surfaces cultivées ont atteint 350 000 hectares en 1994-1995. Cependant, l'absence de glandes à gossypol conduit à un affaiblissement des défenses naturelles de la plante et nécessite une vigilance accrue sur le plan phytosanitaire. En début de cycle, les cotonniers sans glandes sont attaqués par de nombreux insectes, plus particulièrement des coléoptères, *Halticinae* en Afrique, *Chrysomelidae* en Asie du Sud-Est (BRADER, 1967 ; GENAY, 1994). Des déprédateurs, inhabituels en culture cotonnière traditionnelle, sont observés : des oiseaux lors des semis, des rongeurs et d'autres mammifères à la récolte.

Les transformations génétiques du cotonnier

La manipulation génétique du cotonnier permet aujourd'hui de transférer dans la plante des gènes, codant pour l'expression de toxines issues de la bactérie *Bacillus thuringiensis*. La vulgarisation prochaine de variétés transformées est envisagée (PANNETIER *et al.*, 1995).

Les toxines correspondant aux gènes *Cry IA(b)* ou *Cry IA(c)* sont actives contre le complexe *H. virescens/H. armigera* et contre *P. gossypiella* (McINTOSH *et al.*, 1990). Des tests réalisés récemment au CIRAD révèlent que *Cry IB* aurait un spectre



Trichogramma minutum
parasitant des œufs
de *Helicoverpa armigera*.
Cliché CIRAD-UREA



Spodophagus lepidopterae
sur larve de
Spodoptera littoralis.
Cliché CIRAD-UREA



Larves
d'*Apanteles sagax*
sur *Syllipte derogata*.
Cliché CIRAD-UREA

d'action analogue. Le gène *Cry IC* est efficace contre *S. littoralis* (SANCHIS *et al.*, 1994). Le gène *Cry IIIA*, spécifique des coléoptères, pourrait conférer une résistance des variétés sans glandes à gossypol aux coléoptères chrysomélidés (SEKAR *et al.*, 1987).

Les aspects positifs de ces innovations (modifications des variétés actuelles) ne doivent pas pour autant occulter les problèmes posés par l'introduction de plantes transformées. Le danger de voir rapidement apparaître des insectes résistants aux toxines de *B. thuringiensis* n'est pas négligeable (Mc GAUGHEY, 1985 ; TABASHNIK, 1994). Les programmes de recherche s'intéressent à la fois aux possibilités d'addition d'autres gènes, codant pour des inhibiteurs de protéases ou d'autres facteurs (oxydases) et réduisant les probabilités d'une acquisition de résistance, mais aussi aux précautions de mise en culture des plantes transformées, en étudiant des dispositifs de mosaïque, d'alternance et de cultures refuges associant des plantes transformées et non transformées.

Les entomologistes accordent également la plus grande attention à l'étude des variations dans l'équilibre du spectre parasitaire que peuvent provoquer ces manipulations.

Les auxiliaires entomophages

Les populations d'auxiliaires-entomophages évoluent dans l'ensemble de l'agrosystème, c'est-à-dire au sein des cultures, des jachères et des hôtes non cultivés rencontrés à proximité des exploitations.

De nombreuses études ont porté sur l'identification et le recensement des auxiliaires dans les systèmes de culture cotonniers ainsi que sur la connaissance de leur rôle dans la limitation des populations des ravageurs et des effets secondaires (non intentionnels) des pesticides sur les auxiliaires. Cette faune est donc riche mais encore très mal connue.

Quelques complexes parasitaires du cotonnier

Les références de ces complexes ont été obtenues par plusieurs équipes : SILVIE *et al.*, 1989 ; BOURNIER, 1991 ; DEGUINE, 1991 ; LECOEUR et VAISSAYRE, 1991 ; BAGAYOKO *et al.*, 1993 ; EKUKOLE, 1993 ; GALVA, 1993 ; SILVIE *et al.*, 1993 ; STREITO, comm. pers. 1994.

Les auxiliaires observés sur *H. armigera*

La liste des auxiliaires identifiés pour *H. armigera* est importante et, comme pour la plupart des ravageurs, elle n'est que provisoire. Dans la famille des *Trichogrammatidae*, parasites oophages, une espèce, *T. lutea*, a été répertoriée récemment au Burkina.

Les parasitoïdes de *S. littoralis*

Pour *S. littoralis*, aucun parasite oophage n'est signalé. La principale découverte, en 1988, concerne un parasite nouveau, *S. lepidopterae* (*Pteromalidae*), dont la biologie particulière a été étudiée (BOURNIER et BENMOUSSA, 1993 ; RASPLUS et DELVARE, 1994). Les recherches menées au CIRAD ont permis de répertorier les hôtes possibles : *S. frugiperda*, *S. exigua*, *S. sunia* et *H. armigera*.

Les parasitoïdes de *P. gossypiella* et de *S. derogata*

Les espèces de parasitoïdes signalées sur *P. gossypiella* sont peu nombreuses sur le continent africain et à Madagascar : *Gonozius* sp. (*Bethylidae*) ; *Apanteles* sp. (*Braconidae*) ; *B. olethria* (*Chalcididae*) et *M. kirkpatricki* (*Braconidae*) ainsi que *C. curvimaculatus* (*Braconidae*). Un complexe parasitaire riche en espèces a été mis en évidence pour *S. derogata* au Tchad et au Togo (SILVIE, 1991 et 1993).

Les parasitoïdes d'*A. gossypii*

A. gossypii constitue une source alimentaire pour de nombreux insectes. Dans le cas des prédateurs, DUVERGER (comm. pers.) a dressé une carte des espèces du genre *Exochomus* en Afrique. Au Cameroun, DEGUINE (1995) a précisé l'importance numérique relative des genres de coccinelles (adultes et larves) et des espèces du genre *Cheilomenes*. Dans le cas des parasitoïdes, au Cameroun, 56 % appartiennent à l'espèce *A. albipodus*. Les espèces *S. africanus* (*Encyrtidae*) et *Encarsia* sp. (*Aphelinidae*) sont présentes respectivement dans 29 et 13 % des cas.

Les auxiliaires obtenus de *B. tabaci*

Dans le cas de *B. tabaci*, une coccinelle du genre *Exochomus* a été observée au Mali s'alimentant des larves de cet aleurode (BAGAYOKO, 1989).

Les larves de chrysopes constituent des prédateurs certains des larves d'aleurodes, mais peu d'observations au champ ont été rapportées par les entomologistes. Quelques parasitoïdes, tous de la famille des *Aphelinidae*, sont actuellement recensés : *Encarsia* sp. ; *E. lutea* (Mali, Cameroun) ; *E. transvena* (Bénin, Burkina, Mali) ; *E. lounsburyi* (Mali) ; *E. mineoi* (Cameroun) ; *Eretmocerus* sp. (Tchad, Togo) ; *E. mundus* (Burkina, Cameroun, Mali).

Des listes d'auxiliaires ont été établies dans plusieurs pays d'Afrique (Burkina, Cameroun, Côte d'Ivoire, Mali, Tchad, Togo) et au Paraguay (MICHEL et PRUDENT, 1987). Des collections de référence existent désormais au CIRAD (Montpellier, France) ainsi que dans certains pays, au Togo et à l'IITA (International Institute of Tropical agriculture) au Bénin.

L'ensemble des données actuellement disponibles, limité à l'Afrique francophone, est résumé dans le tableau 2.

Dynamique des populations et importance des plantes hôtes secondaires

Des plantes hôtes secondaires ont été identifiées dans le cas des punaises et d'*A. gossypii* aux abords des parcelles cotonnières (POUTOU, 1994 ; DEGUINE, 1995). Mais leur rôle sur la faune auxiliaire reste peu connu.

Dès 1974, PEYRELONGUE et BOURNIER mentionnaient l'existence de quatre parasitoïdes de larve et une espèce parasitoïde de nymphe de *E. insulana* sur une malvacée (*A. asiaticum* L.) à Madagascar. Au Burkina, les parasitoïdes issus de chenille de *H. armigera* sur tomate sont essentiellement des *Tachnidae* alors que sur cotonnier, on a surtout observé des hyménoptères. Les taux de parasitisme relevés sur tomate et sur cotonnier sont semblables et faibles,

Tableau 2. Les auxiliaires entomophages identifiés en Afrique tropicale.

Pays	Nombre de genres ou d'espèces recensés		Nombre d'espèces recensées		
	prédateurs	parasitoïdes	hyperparasites	parasites oophages	parasites de prédateurs
Burkina	56	69	10	8	16
Cameroun	41	27	3	-	-
Mali	16	12	-	-	-
Tchad	34	63	14	1	5
Togo	28	45	10	1	12

inférieurs à 5 % (NIBOUCHE, 1994). Au Togo, des parasitoïdes du genre *Apanteles* ont été observés dans les feuilles d'*Urena lobata* (malvacée) enroulée par les chenilles de *S. derogata* avant le semis des cotonniers. Au Cameroun, des observations faites sur des plantes cultivées (gombo, sorgho) ou sauvages (*Calotropis procera* Ait.R.Br.) ont permis de retrouver, sur différentes espèces de pucerons, des parasitoïdes d'*A. gossypii* rencontrés sur cotonnier.

On a ainsi remarqué l'importance de parasites comme *A. albipodus*, en saison sèche, sur d'autres plantes hôtes. Pour suivre la dynamique des populations des espèces utiles, il est donc essentiel de considérer d'autres espèces de pucerons que celle provoquant des dégâts sur le cotonnier.

Les plantes non cultivées, dans l'environnement des cotonniers, hébergent aussi des proies attirant les punaises prédatrices (SILVIE *et al.*, 1993 ; POUTOULI, 1994).

Rôle des auxiliaires dans les conditions naturelles

Le rôle des auxiliaires a été mis en évidence sur des parcelles non traitées.

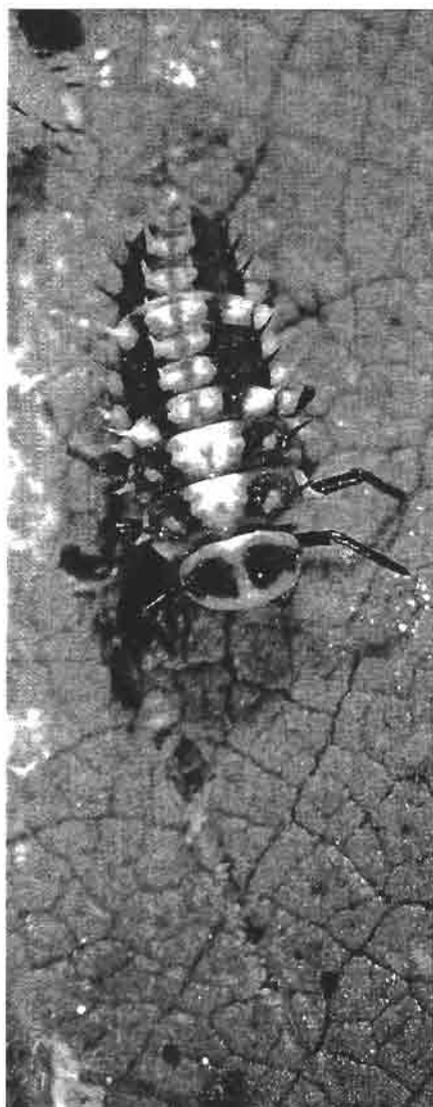
Incidence sur les populations de certains insectes nuisibles

Les données les plus originales sont celles de POUTOULI (1994) sur les parasitoïdes oophages des punaises au Togo. Les pourcentages de parasitisme varient de 13 à 76 % selon les espèces. Au Burkina, des chenilles d'*H. armigera* prélevées et mises en observation n'ont montré qu'un faible taux de parasitisme (1,4 %), alors que les pathogènes ont provoqué une mortalité importante (48,3 %). Sur *S. derogata*, au Tchad comme au Togo, les valeurs de parasitisme relevées varient selon les années de 18 à 47 % sur les chenilles, de 21 à 23 % sur les chrysalides, avec un hyperparasitisme important, de l'ordre de 70 %.

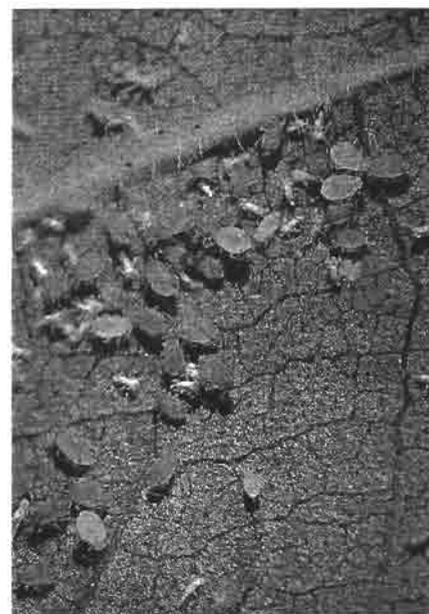
Les recherches concernant les entomophages d'*A. gossypii* ont été développées en République centrafricaine, au Cameroun et au Tchad (VAISSAYRE, 1970 ; DEGUINE, 1995). Sur des parcelles non traitées, le complexe des prédateurs est dominé par des coccinelles, de 45 à 85 % de l'effectif recensé ; par des syrphes, de 14 à 37 % et par des chrysopes, jusqu'à 25 %. Des observations faites au Togo et au Bénin montrent l'importance locale de certaines familles comme les *Hemerobiidae* ou les *Chamaemyiidae*. Ces données peuvent être rapprochées de celles obtenues par MICHEL (1992a et b, 1993), au Paraguay.

Sur *A. gossypii*, la dynamique des auxiliaires est connue en Afrique de l'Ouest et du Centre. Les prédateurs agissent en début de cycle, puis apparaît une mycose à *Neozygites fresenii* (entomophthorale) à partir d'août. Les parasitoïdes sont présents en fin de campagne (septembre, octobre), mais le taux de parasitisme observé semble trop faible pour entraîner des conséquences graves en fin de campagne sur les populations du ravageur.

Les pourcentages de parasitisme observé sur *B. tabaci* au Mali montrent que l'action des parasites n'est

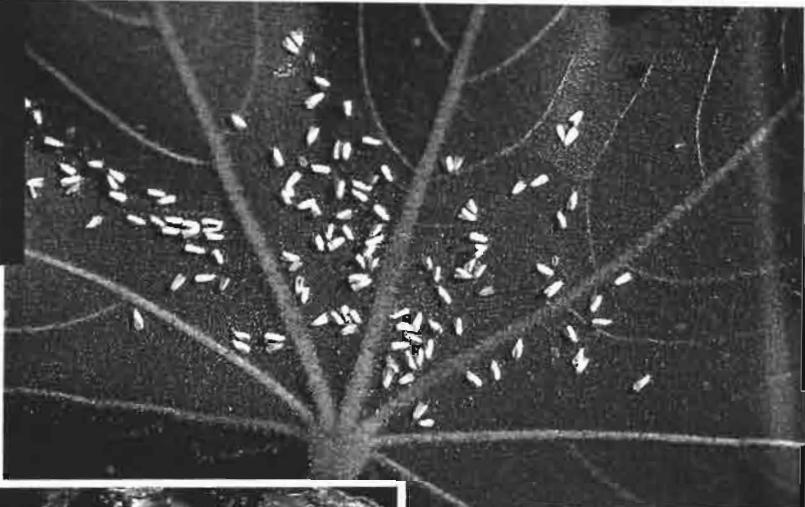


Larve de coccinelle (*Cheilomenes vicina*) sur pucerons.
Cliché J.-P. Deguine

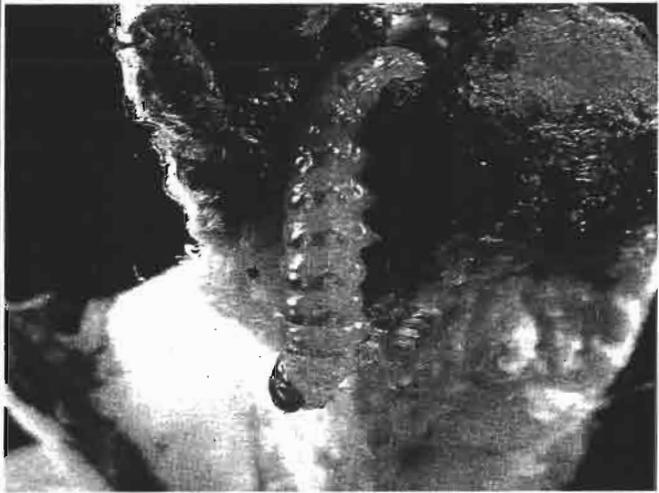


Larves 1-2 d'*Aphis gossypii*.
Cliché J.-P. Deguine

Les principaux ravageurs



Helicoverpa armigera
sur un jeune bouton floral.
Cliché CIRAD-UREA



Colonie adulte de *Bemisia tabaci*.
Cliché CIRAD-UREA

Pectinophora gossypiella
sur capsule.
Cliché CIRAD-UREA

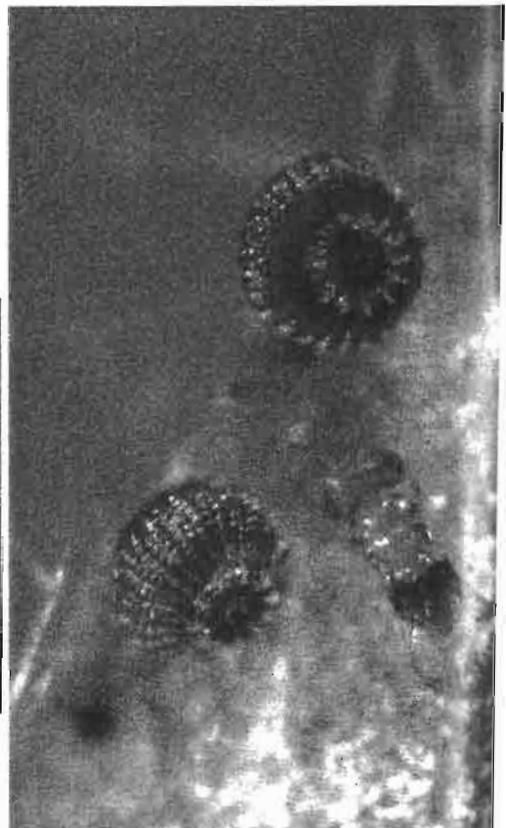
Les moyens de lutte autres que les pesticides



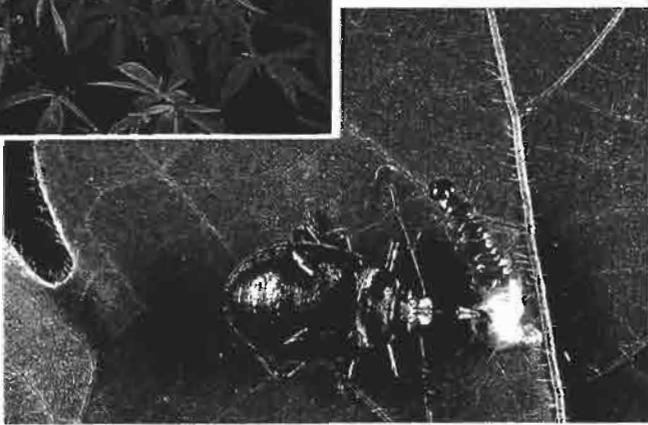
OKRA

Trichogramma minutum
sur ponte d'*Earias biplaga* sur feuille.
Cliché CIRAD-UREA

Les caractères variétaux de résistance : variété de cotonnier à feuilles « okra ».
Cliché CIRAD-UREA



Punaise *Rhinocoris* en prédation sur une larve de *Spodoptera littoralis*.
Cliché CIRAD-UREA





Spodoptera littoralis
sur une fleur de cotonnier.
Cliché CIRADUREA

pas négligeable : de 9 à 23 % pour *E. lutea* et de 6 à 25 % pour *E. mundus*.

L'action des prédateurs n'est pratiquement jamais quantifiée, car l'observation de leur activité est difficile, dans les conditions naturelles. De plus, l'action de ce groupe d'auxiliaires est limitée par des parasitoïdes tels que les coccinelles, les syrphes et les chrysopes. Des comportements particuliers défavorisent le parasitisme des œufs, comme dans le cas de la punaise prédatrice, *R. albopilosus* (*Reduviidae*), dont le mâle surveille la ponte jusqu'à l'éclosion afin de chasser les parasitoïdes qui s'en approchent.

Egalement, des prédateurs « opportunistes » (réduves, araignées) peuvent s'attaquer à d'autres prédateurs.

Globalement, l'action des entomophages apparaît le plus souvent modérée, à l'exception du parasitisme des œufs (mécanisme encore mal connu). Les insectes hyperparasites (parasites de parasites) sont actifs dès que les populations du

parasitoïde primaire sont importantes (cas de *S. derogata* par exemple).

L'étude du bilan de l'action des auxiliaires et donc l'intérêt pratique de ceux-ci doit tenir compte de ces interactions.

Les lâchers d'auxiliaires

L'introduction d'auxiliaires et leur élevage à des fins de multiplication de masse pour réaliser des lâchers en culture cotonnière (dans un programme de lutte biologique) ont été testés à Madagascar dès 1971. L'objectif était de retarder la date de la première intervention insecticide, dans une situation où des résistances aux insecticides étaient signalées (BOURNIER et PEYRELONGUE, 1973). Le parasite introduit était une souche de *T. brasiliensis* provenant du Salvador et la cible visée, *H. armigera*. La souche importée a été multipliée sur un hôte de substitution (la pyrale *A. kuehniella*) avant de réaliser les lâchers. Les résultats ont été décevants, puisque les contraintes liées à la mise en place de cette approche n'ont pas permis de l'appliquer en milieu paysan. Plus récemment, des expérimentations analogues, avec des expéditions d'insectes depuis Montpellier, ont été réalisées au Sénégal (1979-1980), au Togo et au Cameroun (1982-1983) (SOGNIGBE, 1989 ; BOURNIER, 1991).

Si l'expertise développée dans ces domaines est certaine pour la maîtrise des études sur les auxiliaires, les résultats paraissent inexploitable à grande échelle, dans les conditions de culture cotonnière en Afrique tropicale.

L'action des matières actives sur les auxiliaires

L'action des matières actives a été étudiée, depuis 1990, principalement au Tchad, au Cameroun et en Côte d'Ivoire. Ces études se heurtent à des problèmes méthodologiques, mais elles ont néanmoins permis d'obtenir un classement des matières actives (tableau 3).

Tableau 3. Effets des matières actives insecticides sur la faune auxiliaire.
(source : essais réalisés au Tchad, 1992 ; SIGRIST *et al.*, 1994)

Matière active testée	Dose g/ha	Effet sur coccinelles	Effet sur syrphes	Effet sur araignées
alphacyperméthrine	18	très toxique	très toxique	non toxique
bifenthrine	30	très toxique	très toxique	très toxique
cyperméthrine	36	très toxique	très toxique	très toxique
esfenvalérate	22	non toxique	non toxique	non toxique
fenvalérate	60	moyennement toxique	non toxique	très toxique
endosulfan	750	faiblement toxique	très toxique	très toxique
chlorpyrifos-E	450	non toxique	très toxique	très toxique
chlorpyrifos-M	500	non toxique	très toxique	très toxique
diméthoate	400	faiblement toxique	très toxique	non toxique
isoxathion	350	faiblement toxique	très toxique	moyennement toxique
isazophos	200	très toxique	très toxique	non toxique
ométhoate	300	faiblement toxique	très toxique	moyennement toxique
méthamidophos	300	faiblement toxique	faiblement toxique	non toxique
monocrotophos	250	très toxique	très toxique	très toxique
profénatos	150	très toxique	moyennement toxique	très toxique
triazophos	1,25	faiblement toxique	très toxique	non toxique
benfuracarbe	250	faiblement toxique	faiblement toxique	moyennement toxique
carbosulfan	300	très toxique	très toxique	faiblement toxique
thidicarbe	800	faiblement toxique	faiblement toxique	faiblement toxique
imidacloprid	50	faiblement toxique	faiblement toxique	non toxique

Les agents entomopathogènes

Les populations d'insectes sont régularisées par des épizooties d'origines diverses, qui impliquent des virus, des bactéries, des champignons et des protozoaires. Un bilan de ces travaux en Afrique a d'abord été établi par ATGER (1970). Des synthèses bibliographiques ont été publiées sur les viroses de lépidoptères et sur l'emploi de *B. thuringiensis* comme biopesticide. Plus récemment, les données sur le Cameroun et le Togo ont été diffusées (ANGELINI et JACQUEMARD, 1984 ; JACQUEMARD, 1987 ; MONTALDO, 1991 ; SILVIE *et al.*, 1993).

Les viroses d'insectes

Les épizooties d'origine virale sont susceptibles de détruire de façon spectaculaire certaines populations larvaires de lépidoptères, si les conditions favorables à leur développement sont réunies : pullulations de *S. exempta* sur graminées en Afrique ou d'*A. argillacea* sur cotonnier en Amérique latine.

Des affections d'origine virale ont été mises en évidence sur la plupart des lépidoptères du cotonnier en Afrique, qu'il s'agisse des ravageurs d'importance majeure tels que *H. armigera*, *D. watersi*, *E. insulana*, *C. leucotreta* ou d'espèces secon-

daires comme *S. exigua*, *Amsacta* sp. (ANGELINI et VANDAMME, 1969 ; CROIZIER *et al.*, 1983 ; ANGELINI et JACQUEMARD, 1984).

Les viroses d'*A. flava* ont été identifiées au Mali et celles de *S. littoralis* au Tchad (ATGER et CHEVALET, 1975 ; ATGER, 1970). En revanche, de telles observations n'ont jamais détecté de viroses sur le carpophage *P. gossypiella* ni sur la chenille phyllophage *S. derogata*.

Après plusieurs tentatives de multiplication de viroses isolées localement (au Tchad, en Côte d'Ivoire), les essais ont porté sur l'utilisation des viroses isolées à partir d'autres insectes, d'un coût moins élevé que les productions locales : les plus fréquemment employées sont les polyédroses (VPN) d'*A. californica* et de *M. brassicae* (JACQUEMARD et DELATTRE, 1977 ; JACQUEMARD, 1978).

Un certain nombre de virus entomopathogènes ont été commercialisés par des firmes phytosanitaires, leur production étant obtenue *in vivo* à partir d'élevage de masse ou à partir de cultures de tissus d'insectes. Les essais réalisés par le CIRAD ont montré que ces produits sont utilisables pour lutter contre certains ravageurs du cotonnier (tableau 4).

Les chercheurs ont tenté d'exploiter une éventuelle synergie entre un entomopathogène et un pesticide chimique, le plus souvent un pyréthrianoïde à dose réduite (FERRON, *et al.*, 1983). Des essais ont été mis en place au Cameroun, en Côte d'Ivoire, au Tchad et au Togo (JACQUEMARD, 1982 ; RENO, 1987 ; MONTALDO, 1991 ; VAISSAYRE, 1994).

Les applications au cotonnier

L'application de ces viroses d'insectes sur le cotonnier, comme biopesticide, est efficace sous réserve de respecter un calendrier d'application et un dosage de 10¹³ Cip (corps d'inclusion polyédriques) par hectare pour la plupart des baculovirus expérimentés (CAUQUIL, 1985).

Tableau 4. Utilisation potentielle des viroses d'insectes commercialisées (RIBA et SILVY, 1993).

Agent pathogène	Nom commercial	Origine	Cible potentielle (espèce)
VPN <i>Heliothis</i>	Elcar	Suisse	<i>H. armigera</i>
	Viron H	Etats-Unis	<i>H. armigera</i>
	Biotrol VZH	Etats-Unis	<i>H. armigera</i>
VPN <i>Spodoptera</i>	Spodoptérine	France	<i>S. littoralis</i>
	Viron P	Etats-Unis	<i>S. littoralis</i>
	Biotrol VPO	Etats-Unis	<i>S. littoralis</i>
VPN <i>Mamestra</i>	Mamestrine	France	<i>H. armigera</i>
VPN <i>autographa</i>	MGS 400	Etats-Unis	<i>H. armigera</i>
VG <i>Cydia</i>	SAN 406	Suisse	<i>C. leucotreta</i>
	Carpovirusine	France	<i>C. leucotreta</i>
	Granupom	Allemagne	<i>C. leucotreta</i>
	Decyde	Etats-Unis	<i>C. leucotreta</i>



Chenille virosée sous une feuille.
Cliché B. Michel

Néanmoins, cette efficacité est limitée par :

- une rémanence souvent faible, à cause de l'action de facteurs antagonistes, tels le rayonnement ultra-violet ou les sécrétions foliaires et leur pH ;
- un mode d'action conditionné par une ingestion préalable, toujours délicate à obtenir chez les chenilles carpophages, que l'on peut toutefois encourager par l'adjonction de phagostimulants ;
- une spécificité qui nécessite la multiplication des souches pour contrôler un parasitisme toujours varié ;
- les difficultés rencontrées pour obtenir les quantités nécessaires de virus produits par multiplication sur des élevages d'insectes ou sur des cultures de tissus.

La voie la plus récemment exploitée consiste à associer une polyédrose (généralement le VPN de *M. brassicae*), un phagostimulant et une dose réduite de pesticide, ensemble constituant la « lutte conjuguée ». Le contrôle de certains carpophages (*H. armigera* et *D. watersi*) est équivalent à celui obtenu par des pesticides chimiques (RENOU *et al.*, 1985 ; SILVIE *et al.*, 1993). Cependant, des manifestations éventuelles d'incompatibilité, en fonction du pesticide choisi, devront être prises en compte : si l'association avec des pyréthrinoides ne pose pas de problème, il n'en est pas de même pour certains organophosphorés (monocrotophos) avec lesquels apparaît une perte d'efficacité.

En outre, le coût de ces applications, testées récemment au Cameroun ou au Togo, reste un obstacle à la vulgarisation de la technique microbiologique de lutte contre les chenilles de la capsule. En l'absence d'apparition d'une résistance aux pesticides, il est donc actuellement irréaliste de conseiller la diffusion de viroses pour combattre les chenilles de la capsule.

Les bactéries entomopathogènes

Le groupe des bactéries entomopathogènes comprend un grand nombre d'agents opportunistes, capables de se multiplier et d'entraîner la mort de

leur hôte, la voie d'accès de la bactérie étant en général une blessure. Néanmoins, seuls les bacilles sporulants sont susceptibles de contaminer des insectes sains.

Les mécanismes et les bactéries identifiées

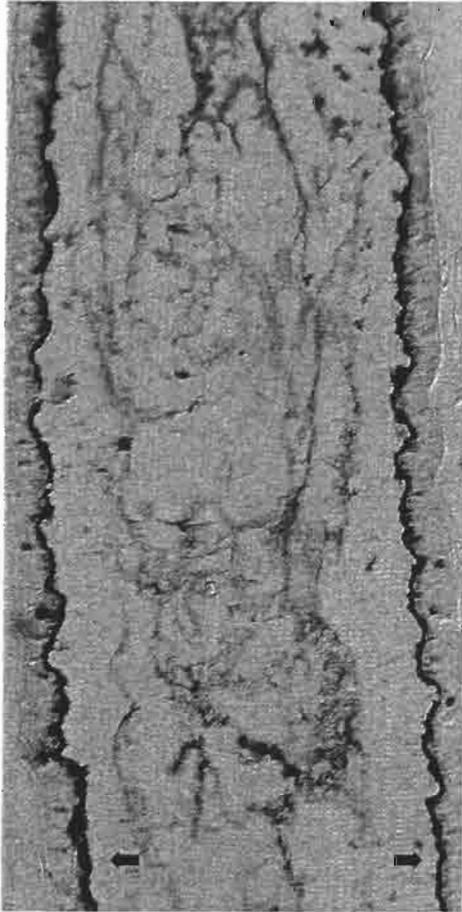
B. thuringiensis a fait l'objet de la plupart des travaux consacrés aux bactéries entomopathogènes (ARONSON *et al.*, 1986). Cette bactérie gram+ forme des cristaux au cours de la sporulation. Ils contiennent des toxines, dont la plus importante et la seule d'usage autorisé est la δ -endotoxine. Libérée après ingestion par l'insecte, elle se fixe sur les récepteurs membranaires de l'intestin moyen et provoque sa destruction.

Les premiers essais démontrent l'activité de la souche Anduze à l'égard d'*E. insulana* (LE GALL, 1957 ; BURGERJON et GRISON, 1959). D'autres souches de ce bacille seront ensuite isolées à partir de *D. watersi*, *E. insulana* et *A. moloneyi* (JACQUEMARD, 1965 ; ATGER et JACQUEMARD, 1965). Des tests au laboratoire ont montré la variabilité de virulence entre différentes souches de la bactérie à l'égard d'*Earias* sp. (FRUTOS *et al.*, 1987). L'ensemble des essais réalisés en culture cotonnière, à l'aide de formulations de *B. thuringiensis*, souligne l'efficacité de cette bactérie contre certains ravageurs, mais aussi les performances insuffisantes comme biopesticide contre les chenilles de la capsule (JACQUEMARD, 1987).

D'autres souches bactériennes ont été isolées (*Serratia*, *Pseudomonas*, *Aerobacter*), à partir d'insectes malades (*Diparopsis*, *Heliothis*, *Spodoptera*), mais elles n'ont pas donné lieu à une application. L'emploi de bactéries comme biopesticides est resté donc limité à *B. thuringiensis*, pour contrôler des chenilles phyllophages, plus particulièrement *S. derogata* et *A. flava*.

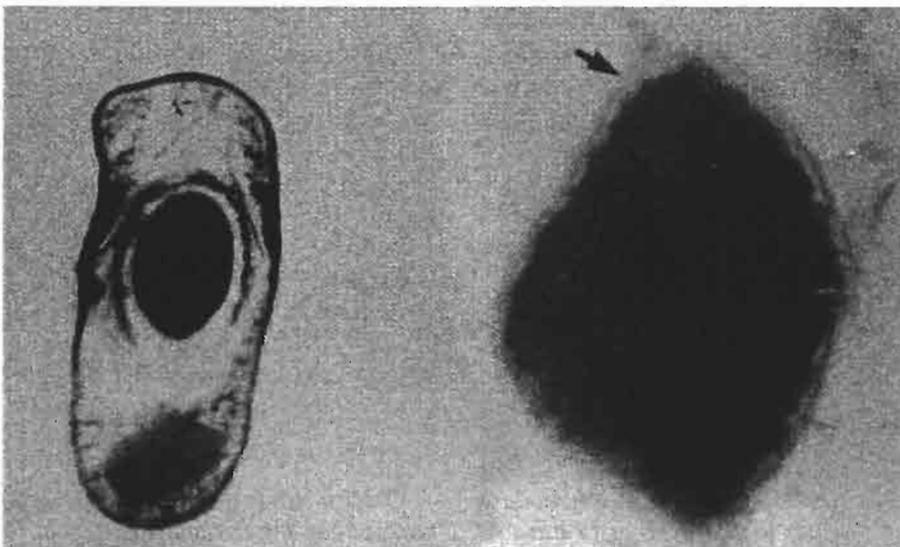
Les perspectives

A l'heure actuelle, une dizaine de toxines ont été caractérisées, prove-



Visualisation des sites récepteurs (situé au niveau des microvillosités intestinales) de la toxine Cry IAa (➡) dans l'intestin moyen de *Chilo suppressalis*. Cliché L. Fiuza

B. thuringiensis : spore et cristal protéique correspondant à la protoxine. Cliché CIRAD-IGEPAM



nant de souches de *B. thuringiensis*. Les gènes responsables de leur synthèse ont été identifiés et leur spécificité mise en évidence sur les lépidoptères et sur les coléoptères. Une collection de toxines les plus efficaces contre des insectes ravageurs du cotonnier est disponible : elle comprend les gènes *Cry IA(b)*, *Cry IA(c)*, *Cry IB* et *Cry IIA* pour les lépidoptères carpophages, *Cry IC* pour le genre *Spodoptera* et *Cry III* pour les coléoptères *Chrysomelidae*, nuisibles à la culture des cotonniers dépourvus de glandes à gossypol.

Un programme d'amélioration des plantes ayant pour but l'obtention de cotonniers transgéniques, capables d'exprimer les toxines de *B. thuringiensis*, constitue une avancée importante pour le contrôle des chenilles de la capsule, peu sensibles aux applications traditionnelles de biopesticides.

Ces éléments amènent à reconsidérer le rôle des bactéries entomopathogènes dans le cadre de la lutte intégrée. Contre des chenilles phyllophages, des formulations de *B. thuringiensis* sont utilisables comme des pesticides chimiques, en déterminant précisément les techniques d'épandage, les possibilités d'association avec des pesticides chimiques et l'intervention dans le cycle de l'insecte, (l'application doit être réalisée sur des chenilles tout juste écloses, néonates), (DABI,

1988 ; HUSSEIN *et al.*, 1990 ; PLAPP, 1991). Contre des chenilles de la capsule, il est préférable d'attendre l'obtention de variétés génétiquement transformées (BENEDICT *et al.*, 1992, 1993 ; GATEHOUSE *et al.*, 1992).

Les champignons entomopathogènes

Des épizooties dues à des entomopathogènes sont souvent susceptibles de détruire des populations d'insectes en conditions naturelles. C'est en particulier le cas pour les pucerons en Afrique tropicale (SILVIE et PAPIEROK, 1991 ; SILVIE et DEGUINE, 1994). En revanche, la pulvérisation de préparations commerciales, comme « Mycar » (*Hirsutella thompsonii*) ou « Vertalec » (*Verticillium lecanii*), respectivement contre *P. latus*, les pucerons et les aleurodes, s'est conclue par un échec probablement imputable à la méconnaissance des conditions écologiques favorables à l'action de ces pathogènes.

Les médiateurs chimiques

Depuis de nombreuses années, les attractifs sexuels permettent d'effectuer le piégeage des lépidoptères. Avec la collaboration du laboratoire des médiateurs chimiques de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique, France), le CIRAD a mis au point certains attractifs sexuels comme les phéromones d'*H. armigera*, de *C. leucotreta*, d'*E. insulana* et de *D. watersi* (DESCOINS et GALLOIS, 1979 ; ANGELINI *et al.*, 1976, 1980, 1981). A l'issue de ces travaux et à partir de formulations commercialisées, l'emploi des phéromones pour le suivi de la dynamique des populations de mâles adultes a été envisagé pour *H. armigera*, *C. leucotreta*, *S. littoralis* et *P. gossypiella*, (DAIBER, 1978 ; BOURDOUXHE, 1982). Malgré le nombre élevé d'essais dans sept pays, les résultats

obtenus sont à ce jour peu exploitables dans la perspective d'une aide à la décision ou d'avertissements agricoles de traitement (JACTEL et VAISSAYRE, 1988 ; MICHEL, 1992a et b).

La « confusion sexuelle » est rarement vulgarisable dans les conditions de l'agriculture paysanne en Afrique tropicale, à cause du morcellement des parcelles de cotonnier, de l'échelonnement des dates de semis et de fructification, des modalités techniques d'application.

Le piégeage et la « confusion sexuelle »

Le bilan des travaux conduits par le CIRAD concerne plusieurs espèces.

Le cas d'*H. armigera*

Des études ont été menées sur la dynamique des populations de *H. armigera*, mais il n'y a pas ou peu de corrélations entre les mâles capturés et les dégâts au champ. La présence de pontes est observée avant la capture des adultes mâles ; on suppose que la colonisation des parcelles de cotonniers est effectuée par des femelles gravides. Le piégeage des mâles pour prévoir le déclenchement d'applications insecticides est donc discutable.

De plus, pour ce ravageur polyphage et ubiquiste, la « confusion sexuelle » est sans intérêt.

Essais sur *D. watersi*

Peu d'essais ont été réalisés sur *D. watersi* en dehors du suivi des populations d'adultes. Pour ce ravageur monophage, il est possible d'attirer les premières infestations de papillons mâles sur une culture piège constituée par des cotonniers recépés ou semés précocement. Une stratégie de « confusion sexuelle » ou de piégeage de masse (*attract and kill*) associant à la phéromone de la glue ou un insecticide, est alors envisageable.

Les espèces *E. insulana* et *E. biplaga*

Aucun essai concernant *E. insulana* et *E. biplaga* n'a été mis en place. Pourtant, ces deux espèces, qui cohabitent souvent, sont à l'origine de 20 à 30 % des dégâts de chenilles sur les organes fructifères du cotonnier. Pour ces oligophages, la « confusion sexuelle » est sans doute possible. Seule la phéromone d'*E. insulana* est commercialisée. De plus, leur élevage sur milieu artificiel est réalisable sans difficulté majeure, permettant des investigations complémentaires sur ces ravageurs.

La phéromone de *P. gossypiella*

La phéromone de *P. gossypiella* (gossyplure) est connue depuis une quinzaine d'années et produite de façon industrielle. De nombreuses recherches sur les modes de diffusion ont abouti à des solutions très diverses (microfibres, ruban ou cordelette imprégnés, pulvérisation de microgranules en suspension dans l'eau) selon l'objectif souhaité : suivi de la dynamique des populations, « confusion sexuelle » et plus récemment *attract and kill* (HENNEBERRY *et al.*, 1981 ; CRITCHLEY *et al.*, 1983 ; HOFER et BRAZZEL, 1992). La « confusion sexuelle » est une méthode de lutte vulgarisée avec des résultats variables (Etats-Unis, Egypte, Pakistan). A Bouaké (Côte d'Ivoire), un essai donne des résultats

Diparopsis watersi.
Cliché J.-P. Deguine



intéressants : les dégâts sur organes fructifères ont été très sensiblement réduits par des épandages manuels sur le feuillage des cotonniers de microtubes englués (d'origine SANDOZ), appliqués à raison de 5 000 à 8 000 microtubes par hectare (VAISSAYRE, 1987). La rémanence est supérieure aux applications de formulations microgranulées avec du matériel de traitement traditionnel.

Le cas de *C. leucotreta*

Les expérimentations sur l'espèce *C. leucotreta* posent un problème de spécificité, car des mâles d'autres espèces, en particulier de *C. peltastica*, sont également capturés dans les pièges. Le contrôle de ce lépidoptère par « confusion sexuelle » n'est pas prouvé. Cette technique pourrait être couplée avec celle utilisable contre *P. gossypiella*, dans les zones de cohabitation de ces deux chenilles à régime endocarpique.

Le cas de *S. littoralis* et de *S. derogata*

Dans le cas de *S. littoralis*, des phéromones d'origines diverses permettent de suivre la dynamique des populations adultes. La faible incidence économique de ce rava-

geur en Afrique tropicale n'a pas incité le CIRAD à s'impliquer davantage dans ces expérimentations, par ailleurs beaucoup plus développées, notamment en Egypte.

Un attractif de *S. derogata* a été synthétisé, mais il n'est pas encore commercialisé (HIMENO et HONDA, 1992). L'élevage de ce lépidoptère sur milieu artificiel n'est pas encore totalement réussi, la ponte exigeant un support naturel.

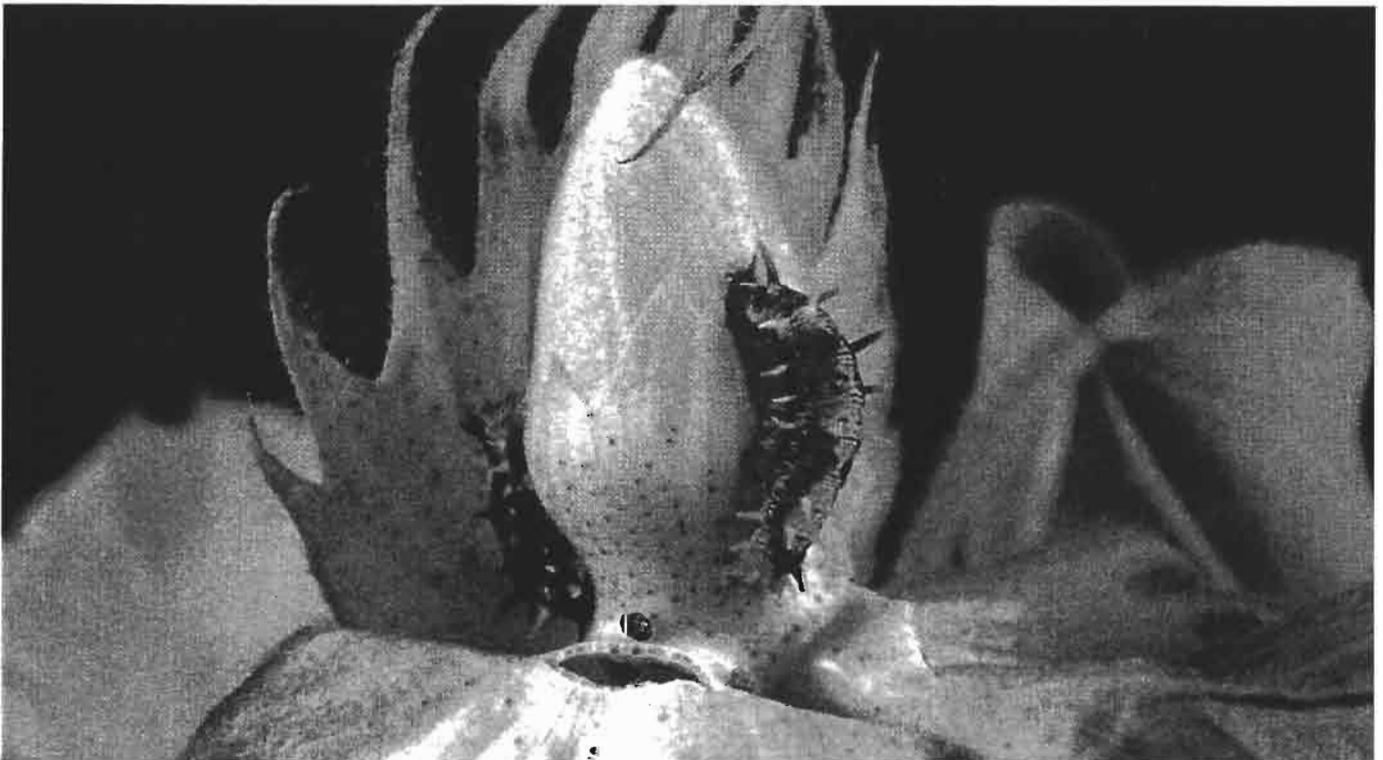
Les recherches futures sur les médiateurs chimiques

Les phéromones : disponibilité et mode d'utilisation

Les phéromones de trois espèces ne sont pas encore disponibles (*D. watersi*, *E. biplaga* et *S. derogata*), tandis que les corrélations entre les captures dans les pièges et les infestations dans les parcelles sont peu évidentes, notamment pour *H. armigera*.

La « confusion sexuelle » n'est envisageable que pour des espèces oligophages ou monophages (*P. gossypiella*). Souvent les ravageurs cohabitent dans les parcelles, qu'il s'agisse

Dégâts d'*Earias biplaga* sur jeune bouton floral.
Cliché J.-P. Bournier





Chantier de traitement très bas volume.
Cliché J.-P. Deguine

d'espèces à régime exocarpique *H. armigera*, *Earias* spp., ou endocarpique *P. gossypiella*, *C. leucotreta*.

L'application au champ

La mise en place d'un réseau de pièges autour des parcelles est difficilement réalisable, même par des structures communautaires (groupements villageois). Des techniques simples, peu coûteuses et ne demandant pas trop de main-d'œuvre sont requises, particulièrement pour l'application de phéromones, en vue d'opérations de « confusion sexuelle ». Le faible nombre de sources d'émission et la rémanence de la formulation sont des points à privilégier.

Quels que soient les résultats des opérations antérieures, c'est la facilité d'application des phéromones en milieu paysan traditionnel qui assurera le succès de l'opération.

Conclusion

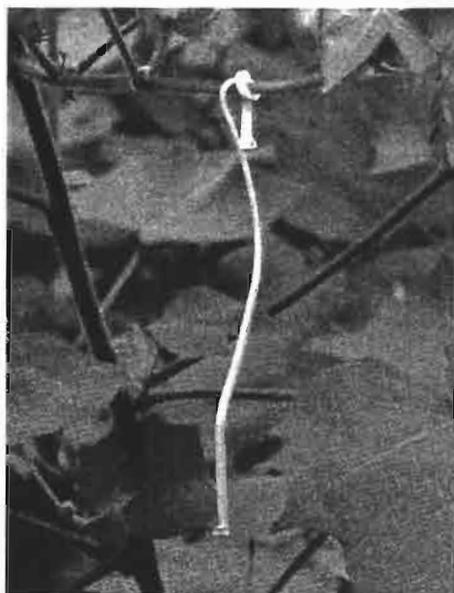
S'il est exact que l'intensité du parasitisme et sa nature complexe nécessitent dans la plupart des situations un recours aux pesticides, celui-ci doit s'intégrer dans une gestion

raisonnée de la culture, où interviennent la prophylaxie, les pratiques culturales, le choix de la variété et la connaissance du complexe entomophage (tableau 5). La destruction des résidus de récolte, le travail du sol, la place de la culture dans l'assolement, les cultures associées et la date de semis participent à l'élaboration de la lutte intégrée en culture cotonnière.

On doit apporter une attention particulière au choix du cultivar, pour ses particularités physiologiques (longueur du cycle, rusticité, aptitude à la compensation) et pour certains caractères morphologiques, notamment la pilosité.

S'il y a généralement peu à attendre de lâchers inondatifs d'auxiliaires entomophages — parfois envisageables, comme dans le cas des trichogrammes —, le respect de la faune utile est un élément essentiel de la lutte intégrée. Une connaissance suffisante de la dynamique des populations pour les principales espèces entomophages est à la base de la définition des programmes d'intervention comme du choix des matières actives qui épargneront le mieux possible les groupes d'auxiliaires les plus actifs. Certains entomopathogènes exercent une action déterminante dans la limitation des populations de ravageurs et rendent inutile toute intervention (cas de l'entomophthorale sur le puceron). Dans certains cas, on peut appliquer des préparations microbiologiques (virus ou *B. thuringiensis*) pour lutter contre des lépidoptères. Il faut accorder, dans le cas des espèces carpo-phages, la plus grande attention au moment de l'application, qui décide de la réussite de l'opération. Une association entre un agent pathogène et une dose réduite de pesticide, selon le principe de la « lutte conjuguée », est souvent le moyen de renforcer l'action de l'agent pathogène.

A l'exception du gossyplure, utilisé pour la « confusion sexuelle » chez *P. gossypiella* et de la phéromone d'agrégation d'*A. grandis*, les phéromones ne sont pas considérées comme un moyen de lutte directe, mais plutôt comme une aide à la



Bandelette de phéromones disposée dans une culture cotonnière.
Cliché P. Silvie

décision. L'obtention future de variétés génétiquement transformées, exprimant des toxines de *B. thuringiensis*, ne doit pas être considérée comme une solution définitive aux problèmes phytosanitaires du cotonnier. En revanche, elle va modifier l'approche de la lutte contre les ravageurs et permettre une gestion différente des populations d'insectes au sein du système de culture, à condition que celles-ci ne développent pas de résistance aux toxines.

En résumé, le bilan de ces alternatives à la lutte chimique est encore peu exploitable. Des solutions apparaissent pour le contrôle de certains groupes de ravageurs : pilosité à l'encontre des jassides, entomo-

phages et entomopathogènes limitant les populations déprédatrices d'homoptères et de lépidoptères, création de variétés transformées pour le contrôle des chenilles carpo-phages. Mais, les dégâts restent importants en l'absence de lutte chimique. A court terme, la conduite d'une culture cotonnière économiquement durable reposera sur des méthodes alternatives — culturales, variétales, biologiques — toujours associées à une lutte chimique raisonnée. C'est dans cet esprit que le CIRAD développe actuellement, en collaboration avec ses partenaires, de nouveaux programmes de protection du cotonnier.

Tableau 5. Associations des méthodes de lutte contre les principaux ravageurs du cotonnier en vue d'une lutte intégrée.

Ravageur	Lutte culturale	Choix des variétés	Lutte biologique (1)	Phéromones	Lutte chimique
<i>H. armigera</i>	* date de semis	* variétés transformées (toxines de <i>B. thuringiensis</i>)	** VPN pulvérisation foliaire	*	***
<i>C. leucotreta</i>	* date de semis	* variétés transformées	** VPN pulvérisation foliaire	*	***
<i>P. gossypiella</i>	*** destruction des résidus de récolte	* bractées atrophiées « trego »		*** « confusion sexuelle »	**
Insectes phyllophages			** <i>B. thuringiensis</i> pulvérisation foliaire		***
Jassides		*** variété à pilosité importante			
Pucerons	* destruction des végétaux en fin de campagne écimage, défoliant		** action spontanée de la faune auxiliaire et des entomopathogènes		** utilisation d'insecticides en traitement de semence
Aleurodes	* destruction des végétaux en fin de campagne écimage, défoliant	* variétés à feuilles laciniées « okra »			**
Mirides		* variétés sans nectaires			
Punaises					***
Acariens					***

* : méthode identifiée ; ** : technique appliquée à une échelle réduite ou ayant une efficacité limitée ; *** : efficacité reconnue, technique vulgarisée.

(1) : sous la dénomination lutte biologique, sont regroupés les auxiliaires entomophages et les agents entomopathogènes.

Bibliographie

- ANGELINI A., 1963. L'association maïs-coton ou arachide-coton en Côte d'Ivoire. *Coton et fibres tropicales* 18 (3) : 273-280.
- ANGELINI A., COUILLOUD R., DELABARRE M., LHOSTE J., 1976. Effet attractif des isomères de l'acétate de 8-dodecényle pour les mâles de *Cryptophlebia leucotreta* (Meyr.). *C. R. Acad. Agric. Fr.* 62 : 441-444.
- ANGELINI A., DESCOINS C., LE RUMEUR C., LHOSTE J., 1980. Nouveaux résultats obtenus avec un attractif sexuel de *Cryptophlebia leucotreta* (Meyr.). *Coton et fibres tropicales* 35 : 277-281.
- ANGELINI A., DESCOINS C., LHOSTE J., TRIJAU J.P., ZAGATTI P., 1981. Etude de nouvelles formulations d'attractifs de synthèse pour le piégeage sexuel de *Cryptophlebia leucotreta* (Meyr.). *Coton et fibres tropicales* 36 : 259-264.
- ANGELINI A., JACQUEMARD P., 1984. Essais de lutte virologique contre les ravageurs en culture cotonnière en Afrique. *Bull. Soc. Entomol. France* 89 : 821-829.
- ANGELINI A., KAMMACHER P., POISSON C., VANDAMME P., 1965. Note préliminaire sur l'intérêt du caractère de bractée atrophiée chez le cotonnier. *Coton et fibres tropicales* 20 (3) : 461-464.
- ANGELINI A., VANDAMME P., 1969. Evolution d'une virose chez *Argyroploce (Cryptophlebia) leucotreta*. *J. West Afr. Sci. Assoc.* 14 : 233-239.
- ARONSON A.I., BECKMAN W., DUNN P., 1986. *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. *Microbiol. Rev.* 50 : 1-24.
- ATGER P., 1970. Note sur les microorganismes entomopathogènes des ravageurs du cotonnier utilisés ou découverts par le CIRAD-IRCT. *Coton et fibres tropicales* 25 (4) : 521-524.
- ATGER P., JACQUEMARD P., 1965. Maladies bactériennes de *Diparopsis watersi* Roths. Isolement d'un bacille pathogène. *Coton et fibres tropicales* 20 (2) : 287-288.
- ATGER P., CHEVALET Y., 1975. Bref aperçu sur une épizootie virale chez *Cosmophila (Anomis) flava* F. dans les cotonneraies du Mali. *Coton et fibres tropicales* 30 (3) : 371-372.
- BAGAYOKO B., 1989. Etude biologique de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (*Homoptera, Aleyrodidae*) au Mali. In Actes de la 1^{re} Conférence de la recherche cotonnière africaine, tome II, Lomé, Togo, 31 janvier - 2 février 1989. CTA, Wageningen, Pays-Bas, p. 55-77.
- BENEDICT J.H., ALTMAN D.W., UMBECK P.F., RING D.R., 1992. Behavior, growth, survival and plant injury by *H. virescens* on transgenic *B.t.* cotton. *J. Econ. Entomol.* 85 (2) : 589-593.
- BHAT M.G., JOSHI A.B., SINGH M., 1986. Relative loss of seed-cotton yield by Jassids and Bollworms in some cotton genotypes. *Ind. J. Entomol.* 46 : 169-173.
- BOURDOUXHE L., 1982. Comparaison de deux types de pièges pour le piégeage sexuel de *Heliopolis (Helicoverpa) armigera* au Sénégal. *FAO Plant Prot. Bull.* 30 (3/4) : 131-136.
- BOURNIER J.-P., 1991. Entomophages. In Comptes rendus de la réunion des entomologistes du CIRAD-IRCT, 26-29 mars 1991, Montpellier, France. CIRAD-IRCT, Montpellier, France, 16 p.
- BOURNIER J.-P., PEYRELONGUE J.-Y., 1973. Introduction, élevage et lâchers de *Trichogramma brasiliensis* Ashm. (*Hym. cali...*) en vue de lutter contre *Heliiothis armigera* Hbn. (*Lep. Noctuidae*) à Madagascar. *Coton et fibres tropicales* 28 : 231-236.
- BOURNIER J.-P., BENMOUSSA D., 1993. Etude d'un nouveau parasitoïde de *Spodoptera littoralis*, important déprédateur des cultures en régions tropicales. ANPP, 3^e Conf. Intern. Rav. Agric., 7-9 décembre 1993, Montpellier, France. ANPP, France, p. 261-269.
- BRADER L., 1967. La faune des cotonniers sans glandes dans la partie méridionale du Tchad. I : les altises. *Coton et fibres tropicales* 22 (2) : 171-181.
- BURGERJON A., GRISON P., 1959. Sensibilité de différents lépidoptères à la souche Anduze de *B. thuringiensis* Berliner. *Entomophaga* 4 : 207-209.
- CAUQUIL J., 1985. Lutte virologique contre les chenilles du cotonnier en Afrique au sud du Sahara : situation actuelle des recherches menées par le CIRAD-IRCT. In Kurstak E. (Editor), 4th International Conference on the Impact of Viral Diseases on the development of African and Middle-East Countries, 14-19 avril 1985, Rabat, Maroc. Moroccan comparative virology society, Rabat, Maroc, p. 19.
- CAUQUIL J., VAISSAYRE M., 1994. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. 1 - Nouvelle politique de protection et choix des pesticides. *Agriculture et développement* 3 : 13-23.
- CAUQUIL J., VAISSAYRE M., 1995. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. 2 - Contraintes et perspectives des nouveaux programmes. *Agriculture et développement* 5 : 18-29.
- CRETENET M., VAISSAYRE M., 1986. Modèle de décision appliqué à l'interaction entre fertilisation minérale et protection phytosanitaire en culture cotonnière. *Coton et fibres tropicales* 41 (2) : 89-96.
- CRITCHLEY B.R., CAMPION D.G., McVEIGH L.J., HUNTER-JONES P., HALL D.R., CORK A., NESBITT B.F., MARRS G.J., JUTSUM A.R., HOSNY M.M., 1983. Control of Pink Bollworm in Egypt by communication disruption using an aerially applied microencapsulated pheromone formulation. *Bull. Entomol. Res.* 73 (2) : 289-299.
- CROIZIER G., JACQUEMARD P., AMARGIER A., CROIZIER L., COUILLOUD R., 1983. Une polyédrose cytoplasmique d'*Earias insulana* Boisd., nouvelle affection à réovirus chez les lépidoptères *Noctuidae* du genre *Earias*. *Coton et fibres tropicales* 38 : 280-285.
- DABI R.K., 1988. Synergistic response of low rates of *Bacillus thuringiensis*. with sub-lethal dose of insecticide against *Heliiothis (Helicoverpa) armigera*. *Indian J. Entomol.* 50 (1) : 2831.
- DAIBER C.C., 1978. A survey of male flight of the false codling moth, *Cryptophlebia leucotreta* Meyr., by the use of the synthetic sex pheromone. *Phytophylactica* 10 (2) : 65-72.
- DEGUINE J.-P., 1991. Observations sur des carabiques prédateurs de chenilles déprédatrices du cotonnier au Nord-Cameroun. *Coton et fibres tropicales* 46 : 249-250.
- DEGUINE J.-P., 1995. Bioécologie et épidémiologie du puceron *Aphis gossypii* Glover, 1877 (*Hemiptera, Aphididae*) sur cotonnier en Afrique centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire. Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, France, 138 p.
- DESCOINS C., GALLOIS M., 1979. Analyse directe par chromatographie en phase gazeuse des constituants volatils présents dans les glandes à phéromones des femelles de lépidoptères. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* 11 (4) : 521-532.
- EKUKOLE G., 1992. Effect of some agronomic and chemical control practices on *Aphis gossypii* populations and stickiness in cotton. *Coton et fibres tropicales* 47 (2) : 139-143.
- EKUKOLE G., 1993. A check-list of cotton entomofauna in North Cameroon. II. Parasitoids and predators. *Coton et fibres tropicales* 48 : 221-225.
- FERRON P., BIACHE G., ASPIROT J., 1983. Synergisme entre baculovirus à polyèdres nucléaires de lépidoptères *Noctuidae* et doses réduites de pyrèthrinoides photostables. *C. R. Acad. Sci. France*, 296 (3) : 511-514.
- FRUTOS R., JACQUEMARD P., AMARGIER A., 1987. Activité comparée de différentes variétés de *Bacillus thuringiensis* Berl. chez deux lépidoptères ravageurs du cotonnier, *Earias biplaga* Wlk. et *E. insulana* Boisd. *Coton et fibres tropicales* 42 (1) : 5-17.
- GALVA P., 1993. Contribution à l'étude des auxiliaires naturels en culture cotonnière paysanne au Nord-Cameroun. CNEARC, Montpellier, France, 76 p.
- GATEHOUSE A.M.R., HILDER V.A., BOULTER D.J., 1992. Plant genetic manipulation for Crop Protection. *Biotechno. in Agriculture*, n° 7, CAB Intern., Wallingford, Grande-Bretagne, 250 p.
- GENAY J.-P., 1994. Trois années d'expérimentation phytosanitaire sur cotonnier en Thaïlande : bilan et perspectives. Documents de travail du CIRAD-CA 4-94, Montpellier, France, 37 p.
- GERLING D. (Ed.), 1990. Whiteflies : their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Andover, Grande-Bretagne, 348 p.
- HENNEBERRY T.J., GILLESPIE J.M., BARIOLA L.A., FLINT H.M., LINGREN P.D., KYDONIEUS A.F., 1981. Gossyplure in laminated plastic formulations for mating disruption and Pink Bollworm control. *J. Econ. Entomol.* 74 (4) : 376-381.

- HIMENO K., HONDA H., 1992. (E-Z) and (E-E)-10-12 hexadecadienal, major components of female sex pheromone of the cotton leaf-roller *Notarcha (Syllepte) derogata*. Appl. Entomol. Zool. 27 : 507-515.
- HOFER D., BRAZZEL J., 1992. "Attract and kill" to control *Cydia pomonella* and *Pectinophora gossypiella*. In Proc. OILB WG Utilisation des phéromones et autres médiateurs chimiques en lutte intégrée, San Michele All'Adige, 31 août-3 septembre 1992. IORATTI/C. and ARN H. (Eds). Bulletin OILB, SROP 1992, 15 (5) : 35-40.
- JACQUEMARD P., 1965. Maladies bactériennes de *Diparopsis watersi* Roths. Mise en évidence. Coton et fibres tropicales 20 (2) : 283-286.
- JACQUEMARD P., 1978. Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire de *Mamestra brassicae* (L.) sur *Diparopsis watersi* (Roths.). Coton et fibres tropicales 33 (2) : 307-308.
- JACQUEMARD P., 1982. Résultats des essais de lutte microbiologique effectués en culture cotonnière au Cameroun 1979-1981. Coton et fibres tropicales 37 : 279-293.
- JACQUEMARD P., 1987. Bilan des résultats obtenus dans les cultures cotonnières avec *Bacillus thuringiensis* (Berliner). CIRAD-IRCT, Montpellier, France, 4 p.
- JACQUEMARD P., DELATTRE R., 1977. Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire d'*Autographa californica* (Speyer) sur *Diparopsis watersi* (Roths.). Coton et fibres tropicales 32 (3) : 249-252.
- JACTEL H., VAISSAYRE M., 1988. Evaluation de la dose optimale et de la rémanence des phéromones pour le piégeage de *Cryptophlebia leucotreta* Meyr. et *Pectinophora gossypiella* (Saund.). Coton et fibres tropicales 43 (2) : 139-146.
- JENKINS J., 1989. In Pest Management in Cotton. GREEN M.B. and LYON D.J. de B. (Eds), SCI-Ellis Horwood Ltd., Chichester, Grande-Bretagne, p. 53-69.
- JENKINS J., in press. Host plant resistance. In Proceedings of First World Cotton Research Conference, 13-17 février 1994, Brisbane, Australia. In press.
- JOLY A., 1980. Synthèse de cinq années d'expérimentation combinée traitements x fumure sur cotonnier au Bénin. Coton et fibres tropicales 35 (4) : 385-399.
- LECOEUR E., VAISSAYRE M., 1991. Inventaire de l'entomofaune du cotonnier en Côte d'Ivoire. In Comptes rendus de la réunion des entomologistes de l'IRCT, 26-29 mars, Montpellier, France. CIRAD-IRCT, Montpellier, France, 9 p.
- LE GALL J., 1957. communication aux Journées phytosanitaires de l'IRCT. Coton et fibres tropicales 18 (3) : 325.
- Mc GAUGHEY W.H., 1985. Insect resistance to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis*. Science 229 : 193-194.
- Mc INTOSH S.C., STONE T.B., SIMS S.R., HUNST P.L., GREENPLATE J.T., MAR-RONE P.G., PERLAK F.J., FISCHOFF D.A., FUCHS R.L., 1990. Specificity and efficacy of purified *Bacillus thuringiensis* proteins against agronomically important insects. J. Invert. Pathol. 56 : 258-266.
- MICHEL B., 1992a. Dynamique des populations des adultes de *Pectinophora gossypiella* Saund. au Paraguay. Coton et fibres tropicales 47 (2) : 101-112.
- MICHEL B., 1992b. Informations sur quelques *Coccinellidae* (Coleoptera) du Paraguay. Coton et fibres tropicales 47 (4) : 301-304.
- MICHEL B., 1993. Peuplement entomologique associé au puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière au Paraguay. Med. Fac. Landbouuw. Rijksuniv. Gent 58 (2) : 569-574.
- MICHEL B., PRUDENT P., 1987. Predadores y parasitoides de las plagas del algodón en Paraguay. Coton et fibres tropicales 42 (3) : 165-172.
- MONTALDO T., 1991. La lutte microbiologique en culture cotonnière au Nord Cameroun : synthèse de l'expérimentation 1979-1988. Coton et fibres tropicales 46 (3) : 217-241.
- NIBOUCHE S., 1994. Cycle évolutif de *Helicoverpa armigera* (Hübner) dans l'ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, ENSA, Montpellier, France, 143 p.
- PANNETIER C., GUIDERDONI E., HAU B., 1995. Génie génétique et amélioration du riz et du cotonnier. Agriculture et développement 6 : 16-28.
- PARNELL F.R., KING H.E., RUSTON D.F., 1949. Jassid resistance and hairiness of the cotton plant. Bull. Entomol. Res. 39 : 539-575.
- PAULY G., VAISSAYRE M., 1980. Etat actuel des travaux de sélection sur les caractères de résistance du cotonnier aux chenilles de la capsule en Afrique centrale. Coton et fibres tropicales 35 (2) : 209-216.
- PERRIN R.M., 1975. The role of the perennial stinging nettle, *Urtica dioica*, as a reservoir of beneficial natural enemies. Ann. appl. Biol. 81 : 289-297.
- PERSOONS C.J., RITTER F.J., NOOYEN W.J., 1977. Sex pheromone of the false codling moth *Cryptophlebia leucotreta* Meyr. : evidence of a two-component system. J. Chem. Ecol. 3 (6) : 717-722.
- PEYRELONGUE J., BOURNIER J.-P., 1974. *Earias insulana* Boisd. (Lep., Noctuidae) et ses parasites sur *Abutilon asiaticum* L. (Malvaceae) dans la région sud-ouest de Madagascar. Coton et fibres tropicales 29 : 241-245.
- PLAPP F.W.Jr., 1991. *Bacillus thuringiensis* toxicity to TBW and synergistic interaction with insecticides. Proceedings of Beltwide Cotton Conference, 8-12 janvier 1991, San Antonio, Texas, USA. National cotton Council, Memphis, Etats-Unis, vol. 2, 725-726.
- POUTOULI W., 1994. Contribution à l'étude des hétéroptères associés à la rotation culturale maïs-cotonnier-niébé au Togo. Thèse de doctorat, université Paris VI, France, 178 p.
- RASPLUS J.-R., DELVARE G., 1994. *Spodophasma*, a new genus of Pteromalidae (Hymenoptera), an important parasite of *Spodoptera littoralis* Boisd. in Madagascar. Bull. Entomol. Res. 84 (2) : 191-197.
- RENOU A., 1987. Les acquis de la lutte biologique contre *Heliothis (Helicoverpa) armigera* (Hbn.), ravageurs de la culture cotonnière au Nord Cameroun. Meded. Fac. Landbouuw. Rijksuniv. Gent 55 : 311-318.
- RENOU A., NOUTCHIE C., BEDOU E., 1985. Nouvelles perspectives de lutte conjugée en culture cotonnière au Nord-Cameroun. Rev. Sci. et Tech. (Cameroun), Ser. Sci. Agron. 1 (3) : 27-34.
- RIBA G., SILVY C., 1993. La lutte biologique et les biopesticides. Phytoma 452 : 21-22.
- SANCHIS V., CHAUFaux J., PAURON D., 1994. In vivo toxicity and receptor binding properties of the *Bacillus thuringiensis* Cry IC delta-endotoxin on *Spodoptera littoralis* and *Bombyx mori*. Abstracts, VIth International Colloquium Invertebrate Pathol. Microb. Control, Montpellier, France, 28 août-2 septembre 1994. Society Invertebrate pathology (SIP), Montpellier, France, vol. 1, p. 45-46.
- SEKAR V., THOMPSON D.V., MARONEY M.J., BOOKLAND R.G., ADANG M.J., 1987. Molecular cloning and characterization of the insecticidal crystal protein gene of *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*. Proc. Nat. Acad. Sci., Etats-Unis, 84 : 7036-7040.
- SIGRIST J.-C., MARTIN T., RENOU A., 1994. Effets non intentionnels des pesticides sur l'entomofaune utile des cotonniers. Comptes rendus de la réunion phytosanitaire de coordination, cultures annuelles, Afrique centrale, Maroua, Cameroun, 26-29 janvier 1994. CIRAD-CA, Montpellier, France, p. 154-175.
- SILVIE P., 1991. Effet du parasitisme naturel observé au Tchad chez deux lépidoptères phyllophages du cotonnier : *Syllepte derogata* (Crambidae) et *Cosmophila flava* (Noctuidae). Entomophaga 36 : 431-441.
- SILVIE P., 1993. Les parasitoïdes de *Syllepte derogata* (Fabricius, 1775) au Togo. Journal of African Zoology 107 : 363-372.
- SILVIE P., DELVARE G., MALDES J.-M., 1989. Arthropodes associés à la culture cotonnière au Tchad : ravageurs, prédateurs et parasites. Coton et fibres tropicales 44 : 275-290.
- SILVIE P., DEGUINE J.-P. 1994. The entomophagous *Neozygites fresenii*, pathogenic to the cotton pest *Aphis gossypii* in Africa. In VI Intern. Coll. Invert. Pathol. Microb. Control, Montpellier, France. 28 août-2 septembre 1994. Society of Invertebrate Pathology (SIP), Montpellier, France, vol. 2, p. 313-314.
- SILVIE P., DELVARE G., ABERLENC H.-P., SOGNIGBE B., 1993. Contribution à l'inventaire faunistique du cotonnier au Togo dans une optique de lutte intégrée. Coton et fibres tropicales 41 : 313-325.
- SILVIE P., LE GALL P., SOGNIGBE B., 1993. Evaluation of a virus insecticide combination for cotton pest control in Togo. Crop Protection 12 (8) : 591-596.

SILVIE P., PAPIEROK B., 1991. Les ennemis naturels d'insectes du cotonnier au Tchad : premières données sur les champignons de l'ordre des entomophthorales. *Coton et fibres tropicales* 46 : 293-308.

SOIGNIGBE B., 1989. Lutte biologique dans le système de culture maïs coton au Togo. Actes de la 1^{re} Conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, Togo, 31 janvier-2 février 1989. CIRAD-CA Montpellier, France, vol. 2, p. 173-189.

TABASHNIK B.E., 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Ann. Rev. Entomol.* 39 : 47-80.

VAISSAYRE M., 1970. Biologie du puceron du cotonnier, *Aphis gossypii* Glover, en conditions naturelles. IRCT Bambari, République centrafricaine. ORSTOM, Montpellier, France, 53 p.

VAISSAYRE M., 1987. Tentative d'éradication du ver rose *Pectinophora gossypiella* (Saund.) par la méthode dite de « confusion sexuelle » sur la station de Bouaké (Côte d'Ivoire). *Coton et fibres tropicales* 42 (4) : 267-271.

VAISSAYRE M., 1994. Synthèse de dix années d'expérimentation phytosanitaire (1981-1990) en Côte d'Ivoire. Documents de travail du CIRAD-CA 3-94, Montpellier, France, 62 p.

WILSON F.D., 1986. Registration of seven cotton germplasm lines. *Crop Sci.* 26 : 206-207.



Helicoverpa armigera : dégât sur fleur.
Cliché CIRAD-UREA

Résumé... Abstract... Resumen...

M. VAISSAYRE, J. CAUQUIL, P. SILVIE — **Protection du cotonnier en Afrique tropicale.**

3 - Méthodes et moyens de lutte intégrée contre les ravageurs.

Les alternatives à la lutte chimique impliquent des méthodes culturales, les caractères variétaux de tolérance aux ravageurs, les auxiliaires entomophages, les agents entomopathogènes et les médiateurs chimiques. L'utilisation conjointe de ces facteurs de régulation est un exemple de lutte intégrée pour la protection phytosanitaire du cotonnier. Le bilan des alternatives à la lutte chimique est encore peu exploitable. Des solutions apparaissent pour le contrôle de certains groupes de ravageurs : pilosité à l'encontre des jassides, entomophages et entomopathogènes limitant les populations déprédatrices d'homoptères, création de variétés transformées pour le contrôle des chenilles carpophages. Mais les dégâts restent importants en l'absence de lutte chimique. Le CIRAD développe avec ses partenaires, notamment en Afrique, les nouveaux programmes de protection, intégrant ces possibilités.

Mots-clés : cotonnier, protection phytosanitaire, lutte intégrée, auxiliaire, méthode culturale, entomophage, entomopathogène, médiateur chimique, phéromone, Afrique.

M. VAISSAYRE, J. CAUQUIL, P. SILVIE — **Cotton crop protection in tropical Africa.**

3 - Integrated pest control techniques and resources.

Cropping techniques, varietal pest tolerance traits, entomophagous organisms, entomopathogenic agents and chemical mediators must all be considered for chemical pest control. Combinations of these regulation factors could be used for integrated pest control in cotton protection programmes. All chemical control alternatives cannot yet be fully implemented. Solutions are available for controlling some types of pests: hairiness against leafhoppers, entomophagous and entomopathogenic organisms to reduce homopteran pests, creation of improved varieties of cotton to control carpophagous caterpillars. However, substantial crop damage will still occur if chemical control is not used. CIRAD and its partners are developing new crop protection programmes, especially in Africa, that include these alternative control techniques.

Keywords: cotton, crop protection, integrated control, auxiliary organism, cropping technique, entomophagous organism, entomopathogenic organism, chemical mediator, pheromone, Africa.

M. VAISSAYRE, J. CAUQUIL, P. SILVIE — **Protección del algodón en África tropical.**

3. Métodos y medios disponibles para una lucha integrada contra las plagas.

Las alternativas a la lucha química implican métodos de cultivo, caracteres varietales de tolerancia a las plagas, auxiliares entomofagos, agentes entomopatogénicos y mediadores químicos. El uso conjunto de estos factores de regulación es un ejemplo de lucha integrada para la protección fitosanitaria del algodón. El balance de las alternativas a la lucha química todavía es poco explotable, pero están apareciendo algunas soluciones para el control de ciertos grupos de plagas: pilosidad contra jásidos, entomofagos y entomopatogénicos que limitan las poblaciones depredadoras de homópteros, creación de variedades transformadas por el control de las orugas carpófagas. Sin embargo, los daños siguen siendo importantes en ausencia de lucha química. El CIRAD está desarrollando con sus socios copartícipes, especialmente en África, nuevos programas de protección que integran estas posibilidades.

Palabras clave: algodón, protección fitosanitaria, lucha integrada, auxiliar, método de cultivo, entomofago, entomopatogénico, mediador químico, feromona, África.

Vaissayre M., Cauquil J., Silvie Pierre. (1995).

Protection phytosanitaire du cotonnier en
Afrique tropicale.

Agriculture et Développement, (8), 3-23.

ISSN 1249-9951