

La résistance des insectes aux insecticides

Problématique et enjeux en Afrique centrale

Thierry BREVAULT*, Jacques BEYO**, Samuel NIBOUCHE***, Maurice VAISSAYRE***

*CIRAD-IRAD-PRASAC, B.P. 415, Garoua, Cameroun

** IRAD-PRASAC, B.P. 33, Maroua, Cameroun

*** CIRAD, BP 5035, 34398 Montpellier, France

Résumé — Les observations indiquent que des cas de résistance aux insecticides sont apparus dans la zone des savanes d'Afrique centrale chez plusieurs espèces de ravageurs des cultures cotonnières et maraichères. La résistance aux insecticides de la famille des pyréthrinoïdes mise en évidence chez la noctuelle, *Helicoverpa armigera* (Hübner), en Afrique de l'Ouest semble désormais concerner l'Afrique centrale. Au Cameroun, les résultats obtenus au laboratoire confirment l'apparition d'une résistance aux insecticides organophosphorés à la fois chez l'aleurode, *Bemisia tabaci* (Gennadius), et chez le puceron, *Aphis gossypii* Glover. Un atelier de recherche-développement a été organisé à Maroua pour sensibiliser non seulement les acteurs des filières coton et maraichage des zones de savanes d'Afrique centrale, mais aussi les acteurs d'autres filières agricoles utilisatrices d'insecticides, la profession phytosanitaire et les décideurs, sur la menace que représente l'apparition d'une résistance aux insecticides en agriculture comme en santé publique, et à la nécessité de soutenir des actions pour anticiper et prévenir les échecs de lutte. Les travaux prioritaires à conduire visent une gestion raisonnée des pesticides pour le contrôle des ravageurs et la mise en place d'un réseau de surveillance pour une détection précoce de la perte de sensibilité des insectes à risque aux principaux insecticides vulgarisés. Parallèlement, des recherches à caractère plus fondamental doivent être entreprises sur le profil épidémiologique de la résistance, pour la définition de mesures pratiques visant à réduire la pression de sélection.

Abstract — **Insect resistance to insecticides in central Africa.** Studies show that cases of resistance to insecticides appeared in the area of Central Africa savannas in some pest species on cotton and vegetable crops. Resistance to pyrethroid insecticides, which has been shown to occur in the noctuid *Helicoverpa armigera* (Hübner) in West Africa, now seems to affect Central Africa also. In Cameroon, our laboratory results confirm the occurrence of resistance to organophosphate insecticides both in the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) and the aphid *Aphis gossypii* Glover. A research-development workshop was organised in Maroua in order to make aware not only the participants in the cotton and vegetable production systems in areas of Central Africa savannas, but also those concerned with other crop production systems using insecticides, the phytosanitary profession and deciders, of the threat represented by the onset of resistance to insecticides for agriculture as well as for public health, and of the necessity of promoting measures to anticipate and prevent failures in control methods. The priorities of future research are a sound management of pesticides for pest control and the installation of a monitoring network for the early detection of the loss of sensibility of target insects to the main recommended insecticides. In the same time, more fundamental research should be undertaken on the epidemiological profile of resistance in order to define practical measures aiming at the reduction of the selection pressure.

Introduction

Des mesures au champ corroborées par des tests de laboratoire indiquent aujourd'hui que des cas de résistance aux insecticides sont apparus dans la zone des savanes d'Afrique centrale chez certaines espèces d'insectes ravageurs des cultures cotonnières et maraîchères.

La résistance d'une population d'insectes donnée à un insecticide représente toute une augmentation, déterminée génétiquement, de sa tolérance à cet insecticide, en réponse à une pression de sélection. En agriculture (protection des cultures), comme en santé publique (programmes de lutte antivectorielle) et en médecine vétérinaire (traitements antiparasitaires du bétail), l'utilisation croissante des insecticides au cours des 40 dernières années a eu pour conséquence une augmentation régulière du nombre d'espèces résistantes. Ce phénomène de résistance, outre de compromettre l'efficacité des mesures de lutte, peut avoir des répercussions préoccupantes sur les plans économiques et sanitaires, mais également écologiques, par l'accroissement des doses d'insecticides utilisées. Les contre-mesures phytosanitaires à mettre en place conduiraient aujourd'hui à un triplement du coût des pesticides vulgarisés en culture cotonnière dans la zone des savanes d'Afrique centrale.

Un diagnostic chargé de questions

Deux groupes de ravageurs polyphages communs aux cultures cotonnières et maraîchères ont récemment attiré l'attention en zone de savanes africaines : les insectes piqueurs suceurs tels que les pucerons, *Aphis gossypii* Glover, ou les aleurodes, *Bemisia tabaci* (Gennadius), et la noctuelle, *Helicoverpa armigera* (Hübner).

La noctuelle *H. armigera*

En zones de savanes d'Afrique centrale, la noctuelle *H. armigera* est un ravageur majeur du cotonnier et des cultures maraîchères (notamment tomate et gombo) dont elle affecte directement la production par destruction des organes fructifères. Son contrôle repose essentiellement sur l'utilisation d'insecticides de la famille des pyréthrinoïdes. Le recours massif aux pyréthrinoïdes pour lutter contre les chenilles du complexe *Heliothis - Helicoverpa* a provoqué les premiers cas de résistance en Australie (1983), puis en Turquie et en Thaïlande (1984-1985) où la culture du coton a fortement chuté. Les Etats-Unis ont reconnu le problème en 1985-1986 et le phénomène a poursuivi son extension avec les premiers échecs au champ en Chine, en Inde et au Pakistan, plus récemment en Afrique (1996-1997), au sud et à l'ouest (Martin *et al.*, 2000). Comme une véritable endémie, le phénomène de résistance aux pyréthrinoïdes chez *H. armigera* semble désormais toucher l'Afrique centrale. Devant le danger que représente l'apparition d'une telle résistance, la société cotonnière du Cameroun (Sodécoton), avec l'appui de l'IRAD-Prasac, a mis en place des mesures de prévention : programmes de protection pour diminuer la pression de sélection (périodes d'exclusion calendaires) et mise en place d'un réseau de surveillance pour une détection précoce de la perte de sensibilité des insectes à risque aux principaux insecticides vulgarisés. Au cours des trois dernières campagnes, le suivi de la sensibilité des populations de *H. armigera* a été réalisé au moyen de la technique des vial tests (Mc Cutchen *et al.*, 1989). Cette technique repose sur l'utilisation de flacons en verre dont la paroi est imprégnée de matière active insecticide. La matière active retenue pour l'enquête est la cyperméthrine, produit qui domine très largement le marché des pyréthrinoïdes au Cameroun. L'échantillonnage des chenilles au champ a été mené dans une dizaine de localités (variabilité spatiale), au début et en fin de campagne, de 1999 à 2001 (variabilité temporelle).

Le traitement des données donne une image de la sensibilité des chenilles aux pyréthrinoïdes au cours des trois campagnes, au travers de la valeur moyenne du taux de survie en début et en fin de campagne, ainsi que des valeurs extrêmes observées. Bien que l'on puisse considérer la pression de sélection exercée pendant la saison cotonnière comme modérée, elle suffit à faire augmenter le niveau moyen de résistance entre premières et dernières générations récoltées dans cette culture (figure 1).

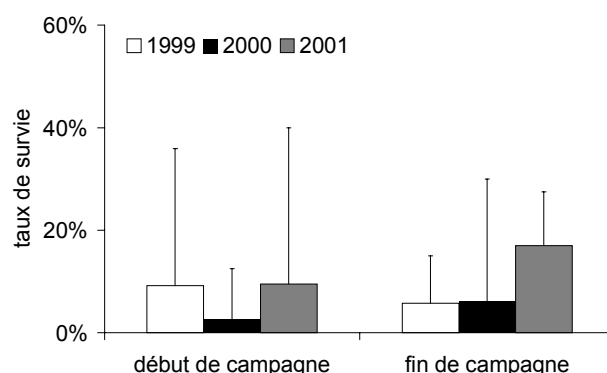


Figure 1. Taux de survie moyens (histogramme) et maxima (barre) avec une dose de 30 µg de cyperméthrine par flacon.

La comparaison des résultats avec ceux obtenus dans trois pays d'Afrique de l'Ouest (Vaissayre *et al.*, 2002) où la présence d'une résistance aux pyréthriinoïdes est avérée, révèle au Cameroun des niveaux de sensibilité légèrement inférieurs en 1999 et 2000 et comparables en 2001. Même si aucun échec de traitement tangible n'a été enregistré jusqu'à aujourd'hui sur le terrain, les résultats obtenus permettent de soupçonner l'existence de gènes de résistance au sein des populations d'*H. armigera* du Nord-Cameroun. Des études complémentaires menées actuellement au laboratoire (détermination des coefficients de résistance par application topique) le confirment. Elles intègrent d'autres cultures que le coton, notamment le maraîchage (plantes-hôtes intermédiaires), compte tenu du caractère migrateur et polyphage du ravageur concerné. La problématique de la résistance aux insecticides ne se limite pas au seul coton mais doit être envisagée à l'échelle du système de cultures et de la région.

Les pucerons

Les pucerons, *A. gossypii*, sont des homoptères piqueurs suceurs qui affectent le fonctionnement de la plante par prélèvement de la sève et injections de substances exogènes. Outre une perturbation de la croissance des plantules de cotonnier lors d'attaques précoces, les dépôts de miellats en fin de cycle sur les capsules ouvertes détériorent la qualité de la fibre (collage). On retrouve cette espèce polyphage tout au long de l'année sur bon nombre de cultures maraîchères (cucurbitacées, solanacées, etc.). Au cours des trois dernières campagnes, le suivi de la sensibilité des populations de pucerons a été réalisé au moyen de flacons imprégnés (Mc Kenzie et Cartwright, 1994) et de pulvérisations au laboratoire avec la tour de Potter (Gubran *et al.*, 1992 ; Tixier *et al.*, 1995). L'étude de la variabilité spatiale de la sensibilité au diméthoate et au monocrotophos a été réalisée à partir de pucerons collectés dans des parcelles paysannes sur l'ensemble de la zone cotonnière en 1998 et 1999.

La comparaison de la souche locale d'*A. gossypii* MR98 (Maroua 1998) élevée en laboratoire et d'une souche sensible de référence (Navacelles) a permis de mettre en évidence chez MR98 une résistance au diméthoate, une hypersensibilité au pyrimicarbe et au carbosulfan, et l'absence de différence de sensibilité au profenofos, au monocrotophos et au methamidophos (tableau I).

Tableau I. Valeur des CL50 (mg/l) évaluées à la tour de Potter pour les souches MR98 et Navacelles.

matières actives	CL 50 (mg/l)		CR
	MR98	Navacelles	
Diméthoate	151,2	4,12	36,7
Monocrotophos	23,5	6,29	3,7
Methamidophos	10,4	26,9	1 / 2,6
Profenofos	21,6	39,9	1 / 1,8
Carbosulfan	0,28	2,17	1 / 7,8
Pyrimicarbe	0,13	2,56	1 / 19,2

CL 50 : concentration létale 50. CR : coefficient de résistance.

L'existence d'une résistance au diméthoate au Nord-Cameroun pose question car cette molécule n'a jamais été utilisée de manière significative en culture cotonnière. Néanmoins, on peut signaler que le diméthoate est utilisé dans les zones cotonnières du Tchad et de Centrafrique, ainsi probablement que dans celles du Nigeria et dans les périmètres maraîchers du sud du Cameroun. Dans le cas du monocrotophos, du methamidophos et du profenofos, on ne note pas de différence marquée de niveau de sensibilité entre les deux souches (facteurs inférieurs à 5 dans un sens ou dans l'autre). Le résultat est particulièrement remarquable dans le cas du monocrotophos, dont l'utilisation à grande échelle sur coton cette dernière décennie au Nord-Cameroun aurait pu laisser craindre l'apparition d'une résistance. Dans le cas des deux carbamates, on observe une hypersensibilité de la souche MR98 par rapport à la souche Navacelles. Le phénomène est plus marqué avec le pyrimicarbe qu'avec le carbosulfan. Ce phénomène peut être rapproché de la résistance croisée négative décrite par Villate *et al.* (1999) chez une souche d'*A. gossypii* du sud de la France, résistante au pyrimicarbe et hypersensible au bendiocarbe.

Le suivi de la sensibilité de populations au champ par la méthode des vial tests a montré de fortes fluctuations de la sensibilité au diméthoate au cours de la campagne, avec des coefficients de résistance pouvant dépasser 1000. Ces fluctuations ne sont cependant pas ordonnées dans le temps et sont indépendantes des traitements insecticides. A l'inverse, dans le cas du monocrotophos, les suivis mettent en évidence des fluctuations de sensibilité de faible amplitude. De la même manière, l'étude de la variabilité géographique de la sensibilité des populations de pucerons montre une forte variabilité dans le cas du diméthoate et une faible variabilité dans le cas du monocrotophos. Toutes ces observations soulèvent des questions de recherche sur les pratiques phytosanitaires, les mécanismes de résistance impliqués, leur coût biologique et leur mode de diffusion, la composition génétique des populations de pucerons à l'échelle de la parcelle, des cultures hôtes et de la région.

Les aleurodes

Les aleurodes ou mouches blanches, *B. tabaci*, sont des homoptères piqueurs suceurs qui altèrent le fonctionnement du cotonnier en fin de cycle et dont l'une des manifestations les plus graves est la maladie des cotonniers rouges. Ils causent également des dégâts importants en cultures maraîchères, avec en outre la transmission de viroses. Au cours des campagnes 1999 à 2001, le suivi de la sensibilité des populations d'aleurodes a été réalisé au champ au moyen de la technique des flacons imprégnés (Staetz *et al.*, 1992) adaptée aux conditions locales. Les aleurodes ont été collectés en fin de campagne sur des parcelles de cotonnier d'une dizaine de localités nord-camerounaises.

Tableau II. Sensibilité de *B. tabaci* au methamidophos (années 2001 et 2000).

Origine des souches	taux de survie (%)		Nombre De tests	
	10 µg par flacon	40 µg par flacon		
<i>2001</i>				
souche de référence labo	7,1	18,1	1	
Garoua	52,5	42,9	3	
Maroua	90,2	88,2	5	
<i>2000</i>				
souche de référence labo	29,1	12,4	2	
Vongna	5,0	0	1	
Laggoye	1,9	6,4	1	
Touboro	Bingo	0	2,9	1
	Bogdibo	0	0	1
	Mbodo	3,7	0	1
Maroua	97,3	85,7	3	

La sensibilité au methamidophos de *B. tabaci* montre d'importantes variations selon l'origine des souches étudiées (Tableau II). Dans la région de Touboro, région la plus affectée par ce ravageur, la sensibilité est élevée en 2000. En revanche, à Maroua, on note une faible sensibilité en 2000 et 2001. Les niveaux de sensibilité obtenus à Garoua en 2001 sont intermédiaires.

Ces résultats suscitent quelques interrogations. Depuis 1999, les souches originaires de la région de Touboro ont subi deux traitements par campagne au methamidophos (300 g/ha), conformément aux recommandations de la Sodécoton. A l'inverse, les souches collectées à Maroua n'ont subi aucun traitement au methamidophos. En l'absence d'investigations complémentaires, il semblerait donc exister au sein des populations locales de *B. tabaci* une aptitude à développer une résistance au methamidophos. Cette situation pourrait être le résultat de l'utilisation d'organophosphorés sur les périmètres maraîchers des régions de Garoua et Maroua. Elle milite fortement en faveur du maintien du dispositif de surveillance du niveau de sensibilité des populations durant les prochaines campagnes, tant en cultures cotonnières que maraîchères.

Une approche intégrative à développer

Même si certaines pratiques culturales, le choix de caractères variétaux et l'action de l'entomofaune auxiliaire permettent de réduire l'incidence des ravageurs en cultures cotonnières ou maraîchères, le recours à la lutte chimique reste indispensable pour sécuriser la production. L'organisation intégrée de la production cotonnière en Afrique centrale caractérisée par une étroite collaboration entre une recherche spécialisée et des sociétés cotonnières responsables de la vulgarisation et de la distribution des insecticides, a joué un rôle certain dans la maîtrise du phénomène. De même, la présence d'une saison sèche bien marquée et l'absence de traitements sur les cultures vivrières constituent des facteurs favorables au brassage des populations et à une discontinuité dans la sélection des individus résistants. Cependant, le développement récent des périmètres maraîchers accroît le risque d'apparition de résistance par une utilisation d'insecticides favorisant une forte pression de sélection tout au long de l'année. La problématique de la résistance aux insecticides ne se limite pas au seul coton mais doit être envisagée à l'échelle du système de cultures (plantes-hôtes intermédiaires maraîchères, vivrières et spontanées) et de la région (migration et zones refuges des ravageurs).

Dans un autre domaine, celui de la santé publique, des insectes vecteurs de maladie et à risque en matière de résistance aux insecticides, tels que les moustiques, font déjà l'objet de recherches en Afrique centrale (OCEAC, Organisation de lutte contre les grandes endémies en Afrique centrale). Les méthodologies d'étude du phénomène de résistance chez ces vecteurs sont sensiblement identiques et les relations entre traitements agricoles et traitements de santé publique sont parfois étroites. C'est notamment le cas d'*Anopheles gambiae* en Afrique de l'Ouest (Chandre *et al.*, 1999) pour lequel certains éléments semblent indiquer que la résistance de ce moustique a été sélectionnée par les traitements des champs de coton contre la noctuelle *H. armigera*. Un rapprochement des forces sur des programmes conjoints comme la structuration génétique des populations et la surveillance de la sensibilité des populations d'insectes vecteurs du paludisme et ravageurs du coton pourrait être envisagé pour appréhender de manière transversale, pluridisciplinaire et régionale le phénomène de résistance aux insecticides en Afrique centrale.

Des réponses pratiques à apporter

Lorsqu'une population d'insectes vecteurs de maladies ou ravageurs de cultures est effectivement devenue résistante et provoque des échecs de lutte, sa gestion nécessite la mise en œuvre de mesures beaucoup plus contraignantes et coûteuses.

Afin de mobiliser les acteurs des principales filières agricoles utilisatrices d'insecticides sur la menace que représente l'apparition d'une résistance aux insecticides en agriculture comme en santé publique, un atelier sur « la résistance des insectes aux insecticides » en Afrique de l'ouest et du centre a été organisé à Maroua les 7 et 8 mars 2002. Il regroupait un ensemble d'acteurs partageant la même préoccupation de prévention et de gestion des phénomènes de résistance : filières Coton (Sodécoton, Sococa et Cotontchad, organisations de producteurs), maraîchage (représentants de producteurs), santé humaine (OCEAC) et animale (LRVZ Tchad), profession phytosanitaire, chercheurs et enseignants – chercheurs de l'IRAD, de l'Université de Yaoundé et du CIRAD. Pendant deux jours, une série d'exposés a permis de resituer la problématique de la résistance des ravageurs dans les agrosystèmes à base coton en zone de savanes

africaines et des insectes vecteurs en santé humaine. Un accent particulier a été mis sur les méthodes et les outils disponibles, à l'exemple des travaux conduits par l'UMR ROSE de l'INRA/UNSA d'Antibes (France).

Au terme de cet atelier, un certain nombre de recommandations ont été émises par les participants:

- la résistance aux insecticides est une préoccupation majeure pour différentes filières agricoles, ainsi que pour les organismes en charge de la santé humaine et animale ;
- les enseignements obtenus de situations similaires (PR-PRAO, Projet Régional de Prévention et de gestion de la Résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes en Afrique de l'Ouest) plaident en faveur de la mise en place rapide de mesures pratiques visant à prévenir ou à gérer les phénomènes de résistance, en particulier dans les cultures cotonnières et maraîchères ;
- il est nécessaire, pour appliquer efficacement de telles mesures, d'améliorer les connaissances sur la situation phytosanitaire et les pratiques de lutte et l'organisation en vigueur sur les cultures maraîchères ;
- la complexité de la problématique de la résistance aux insecticides nécessite la mise en œuvre de recherches cognitives permettant de connaître l'épidémiologie et la diversité des mécanismes impliqués ;
- un effort de formation et d'information des différents acteurs, chercheurs, développeurs et producteurs, doit être mené ;
- ces différents points devront être pris en compte dans un projet aux dimensions régionales : les sociétés cotonnières d'Afrique centrale ainsi que la profession phytosanitaire ont exprimé leur volonté de soutenir une telle initiative, tandis qu'un certain nombre de centrales de recherche du Nord sont prêt à assurer l'appui méthodologique et les transferts de technologie nécessaires.

Conclusion

Les actions prioritaires à conduire visent une gestion raisonnée et coordonnée des pesticides et la mise en place d'un réseau de surveillance régional des populations de ravageurs à risque et de leur sensibilité aux principaux insecticides vulgarisés, tant en culture cotonnière que maraîchère. Plus en amont, la prévention et la gestion intégrée et durable du phénomène impliquent la mise en œuvre de recherches sur les mécanismes et le profil épidémiologique de la résistance pour la définition de mesures pratiques (techniques culturales, résistance variétale, traitement insecticide sur seuil, contrôle naturel, etc.) visant à réduire la pression de sélection insecticide.

Bibliographie

GUBRAN E., DELORME R., AUGÉ D., MOREAU J.P., 1992. Insecticide resistance in cotton aphid *Aphis gossypii* (Glov.) in the Sudan Gezira. *Pesticide Science*, 35 : 101-107.

MC CUTCHEN B.F., PLAPP F.W. Jr., NEMEC S.J., CAMPANHOLA C., 1989. Development of diagnostic monitoring techniques for larval pyrethroid resistance in *Heliothis* spp. (Lepidoptera : Noctuidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 82 : 1502-1507.

MC KENZIE C.L., CARTWRIGHT B., 1994. Susceptibility of *Aphis gossypii* (Glover) to insecticides as affected by host plant using a rapid bioassay. *Journal of entomological Science*, 29 : 289-301.

MARTIN T., OCHOU OCHOU G., HALA N'KLO, F., VASSAL J.M., VAISSAYRE M., 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest Management Science*, 56 : 549-554.

STAETZ C.A., BOYLER K.A., GAGE E.V., RILEY D.G., WOLFENBARGER D.A., 1992. Vial bioassay for contact insecticides for adult whiteflies, *Bemisia tabaci*. In *Proceedings of the beltwide cotton insect research and control conference*, Herber and Richter (eds.), p. 704-707.

TIXIER C., DEGUINE J.P., ALIOUM T., 1995. Technique d'élevage d'*Aphis gossypii* et méthode de mesure de sa sensibilité aux insecticides. *Agriculture et Développement*, 8 : 56-58.

VAISSAYRE M., IRVING S., VASSAL J.M., STAETZ C., 2002. Les tests par tubes imprégnés : un outil performant pour la gestion des populations d'*Helicoverpa armigera* résistantes aux pyréthrinoïdes en Afrique de l'Ouest. Soumis à *Cahiers Agricultures*.

VILLATE F., AUGÉ D., TOUTON P., DELORME R., FOURNIER D., 1999. Negative cross-insensitivity in insecticide-resistant cotton aphid *Aphis gossypii* Glover. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 65 : 55-61.