

Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique subsaharienne ?

Maurice Vaissayre¹
Germain O. Ochou²
Omer S.A. Hema³
Mamoutou Togola⁴

¹ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad)-Cultures annuelles (CA),
Unité propre de recherche (UPR) « Systèmes cotonniers paysans »,
Avenue Agropolis,
TA 72/09,
34398 Montpellier cedex 5
France
<maurice.vaissayre@cirad.fr>

² Centre national de recherche agronomique (CNRA),
01 BP 1740
Abidjan
Côte d'Ivoire
<ochougo@africaonline.co.ci>

³ Institut national de l'environnement et de la recherche agricole (Inera),
Programme Coton,
01 BP 910,
Bobo Dioulasso
Burkina Faso
<omerhema@yahoo.fr>

⁴ Institut d'économie rurale (IER),
Programme Coton,
BP 178
Sikasso
Mali
<mtogola@ier.ml>

Résumé

Les recherches conduites sur le cotonnier en Afrique subsaharienne ont pour but d'assurer rentabilité, mais aussi durabilité de la culture cotonnière. Dans le domaine phytosanitaire, il s'agit de s'adapter en permanence aux évolutions du complexe des ravageurs pour en proposer une gestion durable. Face au défi que représente depuis quelques années la résistance des ravageurs aux pesticides, mais aussi pour accompagner l'introduction de cotonniers génétiquement modifiés pour la résistance aux insectes, la recherche met aujourd'hui à la disposition de la filière des connaissances sur la dynamique des populations, sur les relations entre les ravageurs et les plantes de l'écosystème, sur les barrières morphologiques ou biochimiques qui peuvent être opposées aux maladies et aux ravageurs et sur les seuils d'intervention. Il reste à intégrer ces acquis pour construire une véritable stratégie de gestion des nuisances sur le long terme : il s'agit dès lors de s'appuyer sur des itinéraires techniques qui permettent de réduire l'impact des ravageurs, sur le choix de cultivars adaptés aux conditions parasitaires locales, sur le respect de l'activité des auxiliaires et sur une lutte chimique raisonnée, reposant sur des modèles de décision simples et pragmatiques. Les conditions techniques requises pour une culture cotonnière productive et durable sont donc présentes en Afrique. Le principal problème réside aujourd'hui dans la mise en œuvre des moyens nécessaires à la diffusion des innovations et dans leur adoption par les producteurs de coton.

Mots clés : coton ; Afrique subsaharienne ; organisme nuisible ; gestion intégrée ; diffusion de l'information.

Thèmes : productions végétales ; agronomie.

Abstract

Changing strategies for sustainable management of cotton pests in sub-Saharan Africa

In sub-Saharan Africa, the profitability and sustainability of the cotton crop are key issues for millions of smallholders. In the field of pest management, farmers have to cope with the unsettled impact of an active pest complex. Research has currently not only to make proposals for pest management in a context of insecticide resistance, but also to find how to properly introduce genetically modified cottons. Research is today able to transfer knowledge about pest population dynamics, about the relations between insects and the plants grown in the ecosystem, about morphological or biochemical barriers against cotton diseases and pests and about the thresholds to be used for a rational chemical control. The main problem is for farmers to integrate these results in the management of their cotton crops. They have to use sowing dates, density and fertilizers in order to minimize pest impact. They have to use chemicals with a good knowledge of both their targets and side-effects. Models have an important place in the decision process, as long as they are easy to use and adapted to farmers' needs and constraints. In the new picture of the cotton production chain in Africa, research must be associated not only with the R/D services in cotton companies, but also with emerging farmers' organisations. In the field of varietal improvement, the current evolution is to introduce private companies as seed providers. Competition with national research institutions will be strong. For genetically

modified cottons, national research programs leading to the introduction of genes of interest in the local cultivars have to be built. Studies on the long-term impact of the innovations are needed, as much in the agronomic field as in the socio-economic and environmental fields. To reduce pesticide use, it is a necessity to train all the stakeholders for a sound approach of chemicals. The development of decision tools is a priority so that the right product is used at the right time. Sustainability of cotton-based agro-systems can also be solved by the choice given to each farmer to adopt practices adapted to his objectives, needs and constraints. The productivity of the cotton crop is a major concern to reduce competition for land especially where food crops are concerned, and farmers must have access to inputs and credit to manage their crops in order to derive the income they deserve. In the future, farmers' organisations will be key players in the formulation of the problems cotton growers have to face, and they will be involved in a strong partnership with public research in the adoption process of technical innovations.

Key words: cotton; subsaharan Africa; pests; integrated management; diffusion of information.

Subjects: vegetal productions; agronomy.

En Afrique subsaharienne, le complexe des ravageurs du cotonnier est particulièrement riche. Les Lépidoptères (chenilles de la capsule et chenilles phyllophages), les Homoptères (pucerons, jassides et aleurodes) et les Hétéroptères (mirides et punaises vraies) exercent des nuisances considérables qui peuvent se traduire par des pertes de récolte ou affecter la qualité de la fibre produite. Pour faire face à ce complexe important et diversifié, les insecticides, qui bénéficiaient dans les années 1950 à 1960 d'une image positive, ont été considérés alors comme une arme à privilégier. La culture du cotonnier a bénéficié à ce titre de subventions importantes pour permettre la réalisation d'une protection chimique. La recherche a proposé un itinéraire technique simple et uniforme, qui comprenait un nombre relativement modeste d'applications (de quatre à sept selon les zones parasitaires) réalisées sur calendrier pour pallier au manque de technicité des milliers de petits agriculteurs concernés. La simplicité et l'efficacité des recommandations techniques diffusées par les services de vulgarisation ont permis une croissance remarquable des surfaces, mais aussi de la productivité, au cours de la période 1960-1990. Pendant cette période, à chaque remise en cause de la lutte chimique (abandon du DDT, résistance des insectes aux organochlorés), les solutions alternatives envisagées par la recherche (lâchers inondatifs d'entomophages, applications d'agents entomopathogènes) se sont révélées incapables de rivaliser sur le

plan économique avec la puissance d'innovation de l'industrie agrochimique.

Aujourd'hui, cette source d'innovation semble se tarir. On observe une certaine désaffection de l'industrie phytosanitaire pour l'introduction, sur un marché de taille réduite et aux faibles marges, de molécules nouvelles à des coûts supportables, alors que des résistances aux pesticides vulgarisés depuis 25 à 30 ans apparaissent. Si la résistance aux pyréthri-noïdes exprimée par la noctuelle *Helicoverpa armigera* (Hübner) semble à ce jour maîtrisée grâce aux efforts conjoints de la recherche et du développement réunis au sein du Projet régional PRAO (prévention de la résistance en Afrique de l'Ouest) [1], elle a pour conséquence un coût accru des pesticides et de nouveaux équilibres de faune. C'est ainsi que la place laissée par la Noctuelle est en passe d'être comblée par d'autres chenilles de la capsule, telle *Diparopsis watersi* Rothshild ou *Earias* sp., tandis que le puceron *Aphis gossypii* Glover ou l'aleurode *Bemisia tabaci* Gennadius accèdent progressivement au rang de ravageurs principaux du cotonnier.

La situation de crise que vit épisodiquement la filière coton du fait des tendances baissières des cours de la fibre s'est traduite à partir des années 1990 par la volonté de réduire les coûts de production. Cette réduction a porté sur les crédits consacrés à la recherche et à la diffusion de l'innovation, d'une part, et aux achats de pesticides par les sociétés paratâtiques d'autre part, privilégiant ainsi les génériques, mais aussi des formula-

tions de qualité douteuse. Les effets pervers de cette quête systématique d'une réduction du coût des intrants ont été dénoncés de longue date [2] et leur manifestation la plus évidente réside dans la stagnation des rendements observée depuis une dizaine d'années. Des études récentes ont permis de réactualiser les coûts des intrants utilisés en culture cotonnière [3, 4]. Les chiffres obtenus pour trois pays (Burkina Faso, Cameroun et Mali) situent les coûts de la protection phytosanitaire à un peu moins de 20 % de la valeur de la fibre produite. La récente publication par l'*International Cotton Advisory Committee* (ICAC) des résultats d'une enquête sur les coûts de production montre que la position de l'Afrique, souvent citée en exemple pour ses faibles coûts de production à l'hectare, n'est en fait aujourd'hui guère favorable en termes de coûts par kilo de fibre produite (tableau 1).

Des innovations pour une gestion durable de la culture cotonnière

Pour assurer un revenu décent et durable aux petits producteurs de coton en Afrique de l'Ouest et du Centre, un certain nombre de pratiques doivent être remises en question, et la dépendance de la cul-

Tableau 1. Coût net de production d'un kilo de fibre [5]

Table 1. Production costs for 1 kilo of fiber [5].

Zone de production	Coût \$/ha	Coût \$/kg	% Moyenne
États-Unis et Mexique	1 090	148	130
Amérique du Sud	995	1,09	95
Afrique (10 pays)	513	1,40	123
Asie	700	1,14	100
Australie	1 937	1,08	95
Moyennes	732	1,34	100

ture cotonnière vis-à-vis de la lutte chimique doit être absolument réduite. La recherche, publique comme privée, propose aujourd'hui des innovations dans les domaines des pratiques culturales, du choix variétal ou de l'aide à la décision en matière d'interventions, qui permettraient d'obtenir un tel résultat, et contribueraient ainsi à la rentabilité et à la durabilité de la culture cotonnière. Le frein essentiel à l'adoption de ces innovations demeure la question de leur diffusion en milieu paysan.

Diversifier l'itinéraire technique

Avant tout recours aux pesticides, la gestion des populations de ravageurs affectant la production cotonnière, tant en quantité qu'en qualité, doit être raisonnée en fonction des pratiques culturales (dates de semis, densité, lutte contre l'enherbement et fertilisation), des choix variétaux et des cultures associées à celle du cotonnier.

De nombreuses observations font état de l'importance du calage du cycle du cotonnier par rapport à celui des différents éléments du complexe des ravageurs [6]. On peut aujourd'hui prévoir quelle sera la pression exercée par les ravageurs et estimer l'importance des pertes liées à chaque période de semis. De même, agir sur la densité permet, au-delà d'une plage de réponse assez plate, de modifier la structure de la plante et la dynamique de sa mise à fruit. Un contrôle précoce des mauvaises herbes est un élément clé de la production. Une fertilisation équilibrée, parce qu'elle autorise la plante à compenser les premières pertes de récolte, d'une part, et qu'elle limite l'exubérance végétative, d'autre part, contribue à réduire

l'incidence du parasitisme. Mieux encore, un écimage en fin de cycle, détruisant des organes fructifères condamnés en termes de production, mais qui offrent des refuges aux populations d'insectes les plus nuisibles, contribue non seulement à détruire ces ravageurs, mais aussi à accélérer le cycle de maturation [Renou, communication personnelle]. Dans les zones où les insectes producteurs de miellat représentent une menace, l'écimage est une alternative à l'usage de défoliants pour combattre le collage [7, 8].

L'effet des cultures associées au cotonnier - qu'il s'agisse de cultures adjacentes ou de cultures intercalaires - qui consiste à attirer ou à détourner les ravageurs hors du champ de coton, est connu dans un certain nombre d'écosystèmes [9], mais encore largement ignoré en Afrique, sauf dans les régions à saison pluvieuse bimodale de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin où le coton peut être précédé par un maïs [10]. Si le potentiel de production du cotonnier s'en trouve *a priori* réduit, l'intérêt pour le paysan est de disposer d'une production de vivres, de réduire la pression de certains ravageurs de début de cycle, et de disposer de résidus de culture pour assurer une couverture naturelle du sol. En disposant côte à côte plusieurs espèces cultivées, on peut utiliser leur attractivité relative vis-à-vis des ravageurs : certaines espèces très dommageables au cotonnier (*H. armigera*, *Cryptolebia leucotreta* Meyrick) sont en effet beaucoup mieux tolérées par le maïs ou le sorgho, et peuvent détourner du cotonnier des populations importantes à certaines phases du cycle de production.

Élargir les choix variétaux

Depuis l'origine, la culture cotonnière est conduite en Afrique de l'Ouest et du Centre avec des cultivars résistants à la

bactériose et à la mosaïque, et pourvus d'une pilosité suffisante pour dispenser de toute intervention chimique contre les jassides [11]. Compte tenu de la montée en puissance des pucerons et des aleurodes auxquels cette pilosité est plutôt favorable, et l'identification récente d'une résistance aux jassides non liée à la pilosité (Renou et Nibouche, communication personnelle), les programmes de création variétale se doivent de reconsidérer leurs orientations dans ce domaine. Pour ce qui est d'autres nuisances (Phyllodie, maladies vasculaires, pucerons et mirides), la mise en place de programmes de création de variétés résistantes reste d'actualité.

Les cotonniers génétiquement modifiés, exprimant des toxines aux propriétés insecticides, constituent aujourd'hui une arme tout à fait remarquable contre les chenilles de la capsule, comme en témoigne leur succès spectaculaire chez les petits paysans de Chine et d'Inde [12, 13], même si leur impact sur l'écosystème est encore mal connu [14] et si leur rentabilité est souvent associée à une technicité élevée (irrigation, fertilisation) ou à une réduction de la dépendance vis-à-vis des pesticides [15]. Leur mise en culture dans les conditions phytosanitaires et socio-économiques de l'Afrique va bouleverser non seulement le faciès parasitaire du cotonnier, mais aussi les données techniques de la culture. On peut s'attendre en particulier à ce que les semences prennent aux yeux des paysans une valeur qu'elles n'ont jamais eue, malgré les progrès réalisés par la sélection, et à ce que la profonde modification des équilibres de l'entomofaune nécessite une révision complète des modalités de gestion des nuisibles.

Respecter l'action des auxiliaires

La mise en place des cultures perturbe les équilibres naturels. Les différents éléments du complexe parasitaire du cotonnier trouvent des conditions favorables à leur multiplication. De façon analogue, un ensemble d'auxiliaires va entrer en action, et de nouveaux équilibres vont s'établir au sein de l'agro-écosystème. Une gestion raisonnée des ravageurs doit prendre en compte l'effet de ces auxiliaires, et en particulier celui de la faune entomophage. La plupart des ravageurs du cotonnier sont indigènes, ou adaptés depuis de très longues périodes à leur environnement. Dans de telles condi-

tions, aucune introduction d'auxiliaires ne peut être bénéfique. Les tentatives visant à renforcer l'action de parasitoïdes oophages (Hyménoptères Trichogrammes) ou de prédateurs (Névroptères Chrysopidés) indigènes par des lâchers inondatifs se sont le plus souvent révélées infructueuses, les taux de parasitisme obtenus étant peu différents du parasitisme naturel et sans effet sur la production [16]. La tendance actuelle est donc plutôt de respecter l'action de cette entomofaune, en retardant et en réduisant les interventions chimiques qui déciment les insectes utiles. On peut également la favoriser, en jouant sur les cultures voisines ou associées au cotonnier dans lesquelles les entomophages peuvent trouver proies ou nourriture.

De fait, la régulation naturelle des populations de nuisibles est assurée pour l'essentiel par des agents entomopathogènes : virus, bactéries et champignons. Leur utilisation peut se concevoir sous forme d'applications de biopesticides, formulations commerciales ou artisanales de *Bacillus thuringiensis* ou de baculovirus qui ont fait preuve de leur efficacité pour contrôler certaines populations de lépidoptères [17]. En revanche, les tentatives de déclenchement d'épizooties chez *A. gossypii* ou *B. tabaci* par pulvérisation de champignons entomopathogènes se sont soldées par des échecs, la propagation du pathogène étant sous la dépendance de facteurs abiotiques difficilement contrôlables, même si densité et architecture de la plante (forme du feuillage) peuvent apporter une contribution significative à la gestion du microclimat au sein du peuplement végétal [18].

Raisonnement la lutte chimique

Si l'association de cultivars tolérants aux ravageurs et de pratiques culturales susceptibles de limiter l'incidence des ravageurs permet d'envisager ici où là une culture cotonnière sans pesticide, de telles situations restent exceptionnelles. Dans la plupart des écosystèmes, l'action des auxiliaires est insuffisante pour contenir tout au long de la saison de culture toutes les populations de déprédateurs en deçà des seuils de nuisibilité. Le recours à une lutte chimique raisonnée est alors seul en mesure d'assurer aux paysans un niveau de revenus correct et régulier. On sait depuis 20 ans qu'associée à une fertilisation équilibrée, contrebalançant les exportations minérales à la récolte, une protection phytosanitaire raisonnée permet au petit paysannat d'obtenir des

revenus convenables [19]. Même si l'apparition de la résistance aux insecticides a quelque peu brouillé les résultats des parcelles à trois niveaux de protection (protection poussée, protection standard et absence de toute intervention chimique), l'usage généralisé de génériques utilisés à des doses minimales et à un rythme calendaire permet de penser qu'il y a encore une marge de progression considérable pour améliorer la rentabilité de la lutte chimique. Les initiatives visant à remplacer les interventions sur calendrier par des interventions sur seuil, fussent-elles partielles, en ont fait la preuve [20, 21], mais leur adoption reste encore tout à fait marginale. Depuis quelques années, des propositions plus globales ont été formulées dans le sens d'une révision du schéma de gestion des populations de ravageurs en vigueur pour tenir compte de l'objectif de production de chaque cultivateur et de la pression exercée par les ravageurs à chaque instant du cycle [22]. Il s'avère aujourd'hui nécessaire de former l'ensemble des acteurs concernés à l'identification des ravageurs et à la notion de seuil d'intervention. En associant le choix d'une matière active efficace et un meilleur positionnement des interventions, il est possible de réduire les quantités de pesticides épandues (et par conséquent non seulement les coûts de production, mais aussi les effets non intentionnels de ces pesticides sur l'environnement) sans mettre en péril la production, bien au contraire. En d'autres termes, une adoption généralisée des seuils d'intervention pourrait augmenter de façon significative les revenus des producteurs tout en réduisant les risques pour la santé et les nuisances sur l'environnement. Ces résultats seront d'autant plus facilement obtenus que la méthode autorise l'accès à des matières actives peut-être plus coûteuses, mais à coup sûr plus spécifiques des cibles visées. En termes de recherche, trois lignes directrices sont actuellement suivies :

– à court terme : i) utiliser des modèles pour mieux adapter les règles de décision proposées au comportement des ravageurs [23, 24] ; et ii) simplifier les règles de décision (modèle présence/absence) ;
– à plus long terme, il faudra définir des seuils pour des composants du complexe parasitaire qui n'ont pas encore été pris en compte (d'un côté, les Mirides et les punaises vraies, et de l'autre, les chenilles à régime endocarpique).

Une gestion durable des innovations

Compte tenu de l'importance de ces interventions sur seuil sur le bilan financier de la production cotonnière paysanne, le suivi de la sensibilité des espèces cibles et la mise en place de mesures de prévention restent des activités indispensables pour anticiper l'apparition de phénomènes de résistance qui remettraient en cause l'efficacité des pesticides utilisés.

De la même façon, il est nécessaire d'accorder une importance toute particulière à l'introduction des cotonniers génétiquement modifiés pour la résistance aux insectes. Du fait de l'expression continue de toxines dans la plante, ces cultivars présentent en effet un risque majeur de susciter des résistances se développer vis-à-vis des toxines de *Bt*. Dans ce domaine comme dans le précédent, la modélisation constitue un outil de choix pour construire des stratégies de gestion de l'innovation à moyen ou long terme [25, 26].

La mise en œuvre de la gestion raisonnée des écosystèmes doit se faire à l'échelle régionale, qui est celle où évoluent les populations des principaux ravageurs de la culture cotonnière. À l'instar de projets comme le PR-PRAO (Projet régional de prévention de la résistance en Afrique de l'Ouest), les programmes de protection intégrée du cotonnier doivent regrouper l'ensemble des acteurs de la filière coton des pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre pour valoriser au mieux les acquis scientifiques.

Le problème principal rencontré par la recherche au cours des dernières années, si l'on excepte les difficultés d'ordre financier, est de faire diffuser les informations et de former les agriculteurs. À ce jour, ni les sociétés cotonnières, confrontées à des difficultés économiques, ni les organisations paysannes, encore inexpérimentées, n'ont pu doter la filière d'un outil performant de diffusion de l'innovation. Les rares tentatives de participation paysanne à la conception et à la diffusion de messages techniques, inspirées des Écoles paysannes chères à la FAO, n'ont connu de succès qu'au plan académique, mais n'ont pas réussi à accompagner les innovations au-delà d'un cercle d'initiés. C'est probablement ce qui constitue le principal frein à la valorisation des efforts de la recherche.

Conclusion

Dans l'organisation de la filière qui se dessine, la recherche doit améliorer sa capacité d'écoute et engager un dialogue direct, voire un partenariat, avec tous les acteurs pour prendre en compte leurs attentes. Dans le domaine de la création et de la sélection variétale, la recherche devra nouer de nouvelles alliances, alliances d'autant plus nécessaires que les évolutions en cours annoncent à moyen terme la fin des cessions gratuites de semences et par conséquent l'ouverture d'un marché semencier concurrentiel que les structures nationales devront aborder avec des avantages comparatifs sérieux. Il est indispensable de susciter la mise en place d'un cadre régional de régulation pour l'introduction du coton transgénique, et de créer des partenariats avec les firmes multinationales de l'agrofourmiture ou avec d'autres pays impliqués dans la culture de ce type de cotonnier (Chine, Inde) pour avoir accès à la technologie. Il faut également conduire des études sur les impacts agronomiques (au sens large), socio-économiques et environnementaux de l'innovation. Il faudra enfin initier un programme de sélection pour transférer les gènes d'intérêt sur des cultivars adaptés aux conditions locales de culture. Dans le domaine de la protection phytosanitaire du cotonnier, le principal défi concerne l'utilisation des pesticides. Il est indispensable d'établir des accords avec tous les acteurs de la filière pour promouvoir une utilisation raisonnée de la lutte chimique. Une priorité est le développement des outils de formation et d'aide à la décision permettant aux agriculteurs de diagnostiquer les problèmes et d'intervenir au bon moment avec les produits adaptés.

La durabilité des systèmes de culture à base coton est aujourd'hui une préoccupation réelle de la part de tous les acteurs de la filière, non seulement pour les sociétés cotonnières, égreneurs ou filateurs, en termes de rentabilité économique, mais aussi pour le petit agriculteur à l'échelle de son exploitation familiale. Il est nécessaire de concevoir et de proposer une gamme d'itinéraires techniques adaptés aux contraintes du milieu. Il est nécessaire de mieux prendre en compte la diversité des objectifs des agriculteurs, leurs besoins et leurs contraintes. Il faut permettre aux agriculteurs de pratiquer la

culture du coton sans réduire les surfaces nécessaires aux cultures vivrières ni porter préjudice à l'environnement, d'accéder aux intrants dans les meilleures conditions et de les utiliser de manière économe pour s'assurer d'un revenu décent et régulier.

Le frein essentiel à l'adoption des innovations demeure la méthode de diffusion. Dans une situation de désengagement de l'État, les organisations professionnelles ont un rôle essentiel à jouer dans ce processus de transfert, en appelant les paysans à participer à l'élaboration et à la diffusion des pratiques innovantes. ■

Références

1. Martin T, Ochou GO, Djihinto A, *et al.* Controlling an insect-resistant bollworm in West Africa. *Agric Ecosyst Environ* 2004 ; 107 : 409-11.
2. Vaissayre M, Gaborel C. *Orientation des recherches du Cirad dans le domaine de l'entomologie cotonnière*. Actes de la Réunion Phytosanitaire Coraf- Réseau Coton, 27-31 janvier 1997, Cotonou, Bénin.
3. Gergely N. *Étude comparative sur les coûts de production des sociétés cotonnières au Mali, au Burkina et au Cameroun*. Paris : G.L.G. Consultants ; Agence française de développement, 2004.
4. Breman H, Gaborel C, Vaissayre M, Vogelsperger R. *Coton durable. Vers une gestion améliorée de la fertilité des sols et des nuisances : le cas de l'Afrique de l'Ouest et du Centre*. Paper presented at the EU-Africa Cotton Forum, Paris, July 2004. Muscle Shoals (Alabama, États-Unis) ; Montpellier : International Fertilizer Development Center (IFDC) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), 2004.
5. International Cotton Advisory Committee (ICAC). *ICAC Recorder* 2005 ; 23 (10).
6. Toé AM, Héma SAO, Schiffers B. Évaluation de l'efficacité de la lutte chimique contre *Helicoverpa armigera* durant la campagne cotonnière 1996. *Études et Recherches Sahéliennes* 2000 (4-5) : 29-38.
7. Meyerdirk DE, Coudriet DL, Prabhaker N. Population dynamics and control strategy for *Bemisia tabaci* in the Imperial Valley, California. *Agric Ecosyst Environ* 1986 ; 17 : 61-7.
8. Deguine JP, Gozé E, Leclant F. The consequences of late outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* in cotton growing in central Africa : towards a possible method for the prevention of cotton stickiness. *Int J Pest Manage* 2000 ; 46 : 85-9.
9. Crozat Y, Renou A, Nguyen TB, Nguyen T. Diagnostic agronomique sur les systèmes de culture cotonniers de la province de Đông Nai. *Cah Agric* 1997 ; 6 : 496-500.
10. Angelini A. L'association maïs-coton et arachide-coton en Côte d'Ivoire. *Cot Fib Trop* 1963 ; 18 : 273-80.
11. Parnell FR, King HE, Ruston DF. Insect resistance and hairiness of the cotton plant. *Bull Entomol Res* 1949 ; 39 : 539-75.
12. Pray CE, Huang J, Hu R, Rozelle S. Five years of Bt cotton in China - the benefits continue. *Plant J* 2002 ; 31 : 423-30.
13. Whitfield J. Transgenic cotton a winner in India. *Nature Science Update* 2003 ; www.nature.com/nsu/030203/030203-12.html.
14. Hofs JL, Schoeman AS, Mellet M, Vaissayre M. Impact des cotonniers génétiquement modifiés sur la biodiversité de la faune entomologique : le cas du coton Bt en Afrique du Sud. *Int J Trop Insect Sci* 2005 ; 25 : 63-72.
15. Huang J, Hu R, Pray C, Qiao F, Rozelle S. Biotechnology as an alternative to chemical pesticides : a case study of Bt cotton in China. *Agric Econ* 2003 ; 29 : 55-67.
16. Suh CPC, Orr BB, van Duyn JW. Reevaluation of Trichogramma releases for suppression of Heliothine pests in cotton. *Beltwide Cotton Research Conferences* 1998 ; 2 : 1098-101.
17. Angelini A, Jacquemard P. Essai de lutte virologique contre les ravageurs de la culture cotonnière en Afrique. 1^{er} Congrès International des Entomologistes d'expression française, Paris, 6-9 juillet 1982. *Bull Soc Entomol Fr* 1984 ; 89 : 821-9.
18. Steinkraus DC, Boys GO, Rosenheim JA. Classical biological control of *Aphis gossypii* with *Neozygites fresenii* in California cotton. *Biol Control* 2002 ; 25 : 297-304.
19. Vaissayre M, Crétenet M. Modèle de décision appliqué à l'interaction entre fertilisation minérale et protection phytosanitaire en culture cotonnière. *Cot Fib Trop* 1986 ; 41 : 89-96.
20. Ochou OG, Matthews GA, Mumford JD. Comparison of different strategies for cotton insect pest management in Africa. *Crop Prot* 1998 ; 17 : 735-41.
21. Silvie P, Deguine JP, Nibouche S, Michel B, Vaissayre M. Potential of threshold-based interventions for cotton pest control by small farmers in West Africa. *Crop Prot* 2001 ; 20 : 297-301.
22. Vaissayre M, Deguine JP. *Place de la protection phytosanitaire dans le projet d'une nouvelle culture du cotonnier en Afrique*. Actes de la Réunion Phytosanitaire Coraf - Réseau Coton, 22-25 février 2000, Lomé (Togo).
23. Nibouche S. *Vers des interventions sur seuil contre les chenilles de la capsule du cotonnier en Afrique centrale*. Document Technique Innovations techniques pour la culture cotonnière. Ndjamen : Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale (Prasac), 1993.
24. Beyo J, Djonnewa A, Nibouche S. *Rapport technique de l'Opération « Diffusion de la lutte étagée ciblée au Cameroun »*. Ndjamen : Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale (Prasac), 2001.
25. Livingston MJ, Carlson GA, Fackler PL. Use of mathematical models to estimate characteristics of pyrethroid resistance in Tobacco Budworm and Bollworm field populations. *J Econ Entomol* 2002 ; 95 : 1008-17.
26. Nibouche S, Martin P, Vaissayre M. A modelling approach of the sustainability of Bt cotton grown by small farmers in West Africa. *Resist Pest Manage* 2003 ; 13 : 6-9.