RECHERCHES ET ETUDES PHYTOSANITAIRES CONDUITES AU MALI

RAPPORT DE LA CAMPAGNE 2001

RENOU Alain (CIRAD)

Partenaires : TOGOLA Mamoutou (IER)
TERETA Idrissa (IER)
BAGAYOKO Boubou (IER)

SOMMAIRE

IMPORTANCE ET IMPACT DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES SUR LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE AU MALI 4
1 Justification 4
2 Objectifs 4
3 Matériels et Méthodes 4
3.1 les données 4
3.2 les analyses entreprises 5
4 Résultats 5
4.1 examen des relations entre variables 5
4.2 analyses de régression multiple 5
4.3 variabilité des pratiques phytosanitaires en milieu réel 6
4.4 analyse de segmentation 9
5 Discussions 11
5 Conclusions 12
COMPATIBILITE DES INTERVENTIONS SUR SEUIL AVEC LES STRATEGIES DE GESTION DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES DANS LES POPULATIONS D'HELICOVERPA ARMIGERA HÜBNER AU MALI 16
1 Justification 16
2 Objectifs 16
3 Matériels et méthodes 16
3.1 modalités comparées et dispositif statistique 16
3.2 observations 17
3.3 analyses statistiques 17
4 Résultats 18
Evolution des taux de rétention des organes fructifères 19
Abscission des organes fructifères 20
Analyse de la répartition de la production 21
Résultats de production 22
5 Discussions 22
6 Conclusions 25
INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PLANTATION ET DE LA PROTECTION PHYTOSANITAIRE POUR DES SEMIS TARDIFS AU MALI 32
1 Justification 32
2 Objectif 32
3 Matériels et méthodes 32
4 Résultats 33
5 Conclusions 44
annexe 1 : nombre de nœuds sur la tige principale 47
annexe 2 : niveaux de floraison 47
ETUDES ET OBSERVATIONS DIVERSES 51
1 Analyses de la répartition de la production à l'échelle du plant 51
2 Apparition de la première branche fructifère 51
3 Etude à propos du Gombo comme plante piège 52
4 Les mirides à Farako 53
5 Intérêt de monitorings en cours de campagne 53
6 Etude sur les mécanismes de résistance 54
7 Etude sur les nouvelles molécules 55
8 Nouvelles exploitations des résultats d'une étude conduite en 2000 56
9 Etude variétale conduite en inter-campagne 2001/2002 61
SUIVI DANS LES PREMIERS VILLAGES SEUILS AU MALI 66
1 Justification 66
2 Objectifs 66
3 Matériel et méthodes 66

4 Résultats et discussions.....67
5 Conclusions 73

IMPORTANCE ET IMPACT DES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES SUR LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE AU MALI

1 Justification

On aborde souvent l'incidence des ravageurs du cotonnier et des pratiques phytosanitaires à partir des résultats de la recherche car dans ses dispositifs expérimentaux figurent des parcelles non traitées et d'autres protégées qui lui permettent d'évaluer à la fois les pertes de production (en quantité comme en qualité) dues à l'absence de contrôle d'un ravageur, d'un groupe de ravageurs ou de l'ensemble de l'entomofaune nuisible à cette plante et les améliorations de production apportées par un programme de protection (Cadou J, 1982 ; Vaissayre and al, 1984 ; Renou and al, 1993 et Nibouche and Goze, 1993) . C'est en partie grâce à ces résultats que des recommandations en matière de protection de cette culture ont été données au Développement dans différents pays. Ces recommandations sont plus ou moins bien suivies par les agriculteurs comme l'ont montré Cousinié et Djagni (1991) au Togo et il peut être intéressant d'estimer l'impact en milieu producteur des pratiques réelles des agriculteurs dans le domaine de la protection phytosanitaire du cotonnier.

2 Objectifs

Cette étude avait pour objectifs d'analyser les pratiques phytosanitaires de paysans maliens sur leurs parcelles cotonnières et d'en évaluer les impacts sur la production de coton graine.

3 Matériels et Méthodes

3.1 les données

Cette étude a été réalisée à partir des données du Service de Suivi Evaluation de la CMDT (Compagnie Malienne pour le Développement du Textile) relatives aux parcelles cotonnières suivies au cours des campagnes de 1997 à 2000 dans les régions de Sikasso et de Koutiala. Elles ont concerné au total 854 parcelles mais au regard de la disponibilité des données sur le rendement en coton graine, la date de semis et les éléments de l'itinéraire technique concernant la protection phytosanitaire seules 775 parcelles ont été retenues. Les informations concernant la nature des spécialités phytosanitaires employées n'ont pas été prises en compte dans cette étude. Les seuls éléments retenus concernant la protection phytosanitaire ont donc été les dates des différents traitements foliaires. Ces éléments nous ont conduit à considérer 5 variables :

AGE1 : l'âge de la plante au premier traitement insecticide en nombre de jours après le semis
DUREE : la durée totale de la période de protection insecticide (égale au nombre de jours entre le premier et le dernier traitement)
NB1 : le nombre de traitements insecticides réalisés avant le 46 ^{ième} jour après le semis
NB2 : le nombre de traitements insecticides réalisés du 46ième (inclus) et le 90ième jour (inclus) après le semis
NBT : le nombre de traitements insecticides réalisés pendant toute la durée de la campagne

3.2 les analyses entreprises

En premier lieu, les coefficients de corrélation entre ces cinq variables ont été calculés. Puis, des régressions linéaires permettant d'expliquer les variations de rendement en fonction de ces cinq variables ont été recherchées. Enfin, en supposant que les liens pouvaient ne pas toujours être linéaires entre ces variables, une analyse de segmentation a été conduite pour tenter d'expliquer de nouveau les rendements en coton graine des parcelles en fonction des itinéraires techniques de protection suivis. Cette dernière analyse repose sur la transformation préalable des variables explicatives en classes. Pour chaque variable les classes suivantes ont alors été considérées (tableau 1).

Tableau 1 : classes pour chaque variable explicative

classes	AGE1 En jours après semis	nombre de traitements			DUREE
		NB1	NB2	NBT	
1	< 31 JAS	0	0	1	<40 jours
2	30 < x <= 45 JAS	1	1	2	40 < x< = 50 jours
3	45< x<= 60 JAS	2	2	3	50 < x <= 60 jours
4	> 60 JAS	3	3	4	60 < x <= 70 jours
5			4	5	> 70 jours
6			5	6	
7				7	
8				8	

4 Résultats

4.1 examen des relations entre variables

La matrice des coefficients de corrélation (tableau 2) montre que plus le premier traitement est retardé moins longue est la durée de la période de protection et moins nombreuses sont les applications avant le 45ième jour après le semis. La durée de la période de protection est très dépendante du nombre total de traitements reçus mais peu de ceux effectués du 46ième au 90ième jour après le semis.

Tableau 2 : matrice des coefficients de corrélation entre variables explicatives

	AGET1	NBT	NB1	NB2	DUREE
AGET1	1.000				
NBT	-0.261	1.000			
NB1	-0.814	0.201	1.000		
NB2	-0.230	0.401	-0.128	1.000	
DUREE	-0.418	0.811	0.323	0.087	1.000

4.2 analyses de régression multiple

Une régression linéaire multiple significative à p = 0,000 % permet d'expliquer par les variables caractérisant l'itinéraire technique de protection phytosanitaire 11,4 % des variations de rendement entre parcelles. L'équation de cette régression est la suivante : rendement = 532.70 + 1.48*AGE T1 + 49.10*NBT -62.89*NB1 -39.62*NB2 + 7.04*DUREE. Cependant dans une analyse de régression multiple progressive (avec un seuil de 5 % à l'introduction comme à l'élimination) seule la variable DUREE sera retenue pour expliquer 9,1 % des variations de rendement entre parcelles. L'équation de cette régression est alors la suivante : rendement = 635.32+ 8.17*DUREE (relation également significative à 0,01 %).

Au regard du rendement moyen des 775 parcelles (1103,2 kg/ha), l'impact moyen des pratiques phytosanitaires des agriculteurs maliens (seules et en interaction avec les autres pratiques qui ne peuvent pas leur être dissociées) serait compris entre 467,9 et 570.5 kg/ha par une extrapolation due à l'estimation du rendement en non traité à partir des régressions. Cette extrapolation semble concevable puisqu'au Tchad en culture traditionnelle, sans intrant, les cotonniers procurent des rendements de l'ordre de 300 kg/ha et que ce type de culture n'existe pas au Mali. Ce seul résultat justifie pleinement l'intérêt accordé par le développement et la recherche au contrôle des principaux ravageurs de la culture cotonnière au Mali.

Au regard des résultats de la recherche provenant des parcelles à trois niveaux de protection cet impact apparaît cependant élevé. En effet, de 1997 à 1999 en milieu contrôlé (tableau 3), l'impact des pratiques de protection recommandées (gain de production du au programme recommandé / production du programme recommandé) incluant leur interaction avec un itinéraire optimal concernant les autres pratiques était en moyenne de 31,4 % de la production (30,6% sur 12 ans selon Cadou, 1982) alors qu'en milieu paysan il serait compris entre 42,4 et 51,7 % (gain moyen / production moyenne) de la production moyenne sur une période presque comparable.

Tableau 3 : résultats de production en kg/ha des parcelles à trois niveaux de protection de 1997 à 1999 : impact des recommandations

localités	année	NT	ST	impact en %
N'Tarla	1999	1683	2117	20,5
Kolombada	1999	670	1026	34,7
Koula	1999	1625	1603	-1,4
Farako	1999	812	1159	29,9
Longorola	1999	970	1312	26,1
Kita	1999	1436	1951	26,4
Farako	1998	1163	1908	39,0
Kébila	1998	808	1208	33,1
Sougoula	1998	300	1446	79,3
N'Tarla	1997	1067	1722	38,0
Kolombada	1997	1542	2153	28,4
Moyenne		**1098**	**1600**	**31,4**

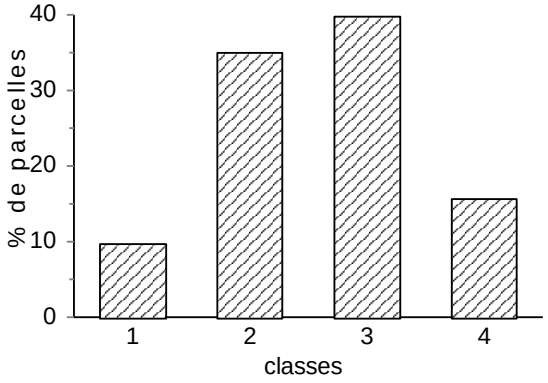
NT : non traité ; ST : protection recommandée

Comme en moyenne les pratiques phytosanitaires en milieu réel ne sont pas plus intensives que celles correspondant au programme recommandé (l'analyse de segmentation le montrera), les interactions entre les pratiques phytosanitaires et les autres pratiques sont donc probablement plus fortes en milieu réel qu'en milieu contrôlé. Il est en effet fréquent de constater que de bonnes pratiques phytosanitaires sont associées à d'autres bonnes pratiques dont les effets positifs peuvent mieux s'exprimer et inversement. Cette conclusion renforce l'intérêt de conduire des études multidisciplinaires dans le domaine phytosanitaire.

4.3 variabilité des pratiques phytosanitaires en milieu réel

Cette variabilité a été étudiée en considérant les classes définies pour chaque variable pour l'analyse de segmentation. Pour la majorité des parcelles le début de la protection se situe entre le 30ième et le 60ième jour après le semis (Figure 1) mais un pourcentage non négligeable de parcelles reçurent le premier traitement en dehors de cette période.

Figure 1 : âge au premier traitement



Avant le 45ième jour après le semis, la majorité des parcelles ne reçoivent aucun traitement et pour celles qui furent protégées une seule application a été en général réalisée (Figure 2). Entre le 45ième et le 90ième jour après le semis, la majorité des parcelles ont reçu au moins 4 applications foliaires (figure 3). Ce résultats signifie que l'intervalle entre deux applications est inférieur à 14 jours durant cette période.

Au cours de la campagne, la presque totalité des parcelles ont reçu au moins trois applications insecticides (figure 4) et la majorité d'entre elles en ont reçu entre 4 et 6. Ces pratiques ne sont donc pas très éloignées des recommandations de la recherche dans ce domaine puisqu'elle préconise 6 applications durant la campagne.

Par contre en ce qui concerne la durée de la période de protection seul le pourcentage de parcelles ayant connu une durée de protection phytosanitaire inférieure à 41 jours est faible (Figure 5). Les autres parcelles se répartissent de manière égale entre les quatre autres classes de durée de la période de protection. En rapprochant ces résultats de ceux concernant le nombre total de traitements on doit admettre que la fréquence des traitements phytosanitaires a été très variable suivant les parcelles. En effet, si en moyenne 14 ,6 jours séparaient deux applications cet intervalle a varié de 7 à 44 jours (Figure 6) et nombreuses furent les parcelles pour lesquelles cet intervalle était soit inférieur à 13 jours soit supérieur à 15 jours.

Figure 2 : nombre de traitements avant le 45ième jour après le semis

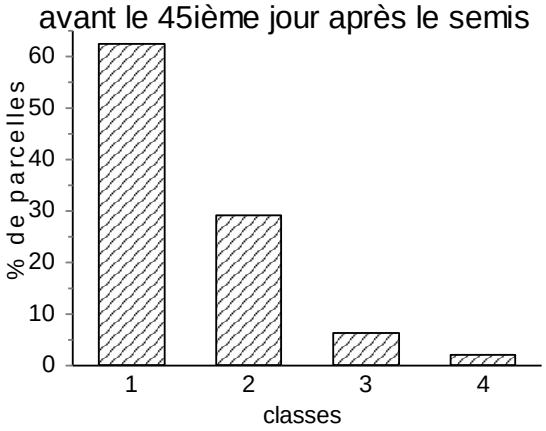
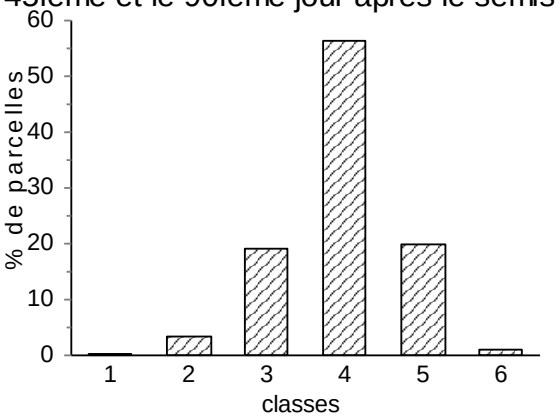


Figure 3 : nombre de traitements entre 45ième et le 90ième jour après le semis



Les histogrammes présentés ci-dessus pour les différentes variables de l'itinéraire de protection phytosanitaire montrent donc déjà une grande variabilité des réalisations par rapport aux recommandations de la recherche dans ce domaine.

Cependant lorsque l'on prend en compte l'ensemble des éléments de l'itinéraire de protection de chaque parcelle cette variabilité est encore bien plus grande (Tableau 4) même en ne prenant en compte que les 4 variables les moins corrélées (élimination de NBT, nombre total de traitements, dont le coefficient de corrélation avec la durée de la période de protection est très hautement significatif : r = 0,811). On note d'autre part que les recommandations de la recherche ne sont appliquées que sur peu de parcelles (chiffres en caractères gras) et que les écarts des itinéraires techniques pratiqués par rapport à ces recommandations sont très variés. Il est fort probable que dans d'autres pays cotonniers de l'Afrique Francophone des constats similaires seraient faits à la suite d'analyses comparables. L'entomologie est donc bien interpellée par les dérives, bonnes ou mauvaises, des réalisations dans le domaine de la protection phytosanitaire du cotonnier par rapport aux recommandations de la recherche.

Figure 4 : nombre total de traitements

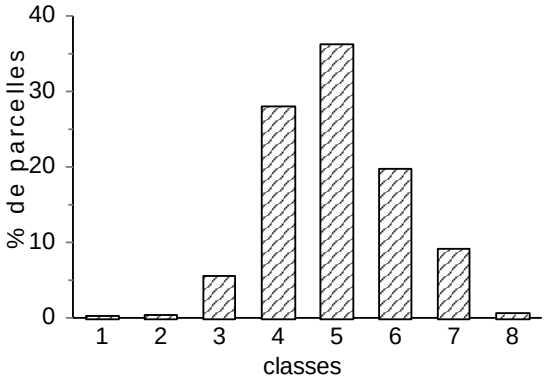


Figure 5 : durée de la protection

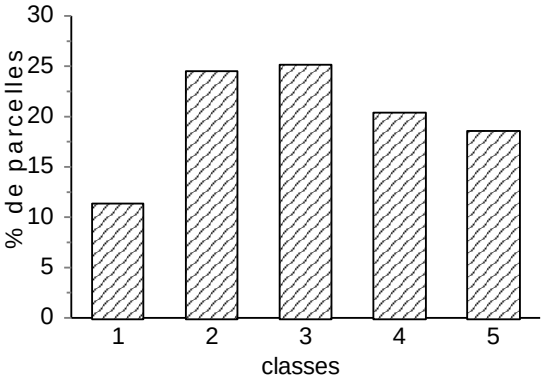


Figure 6 : intervalle entre 2 traitements

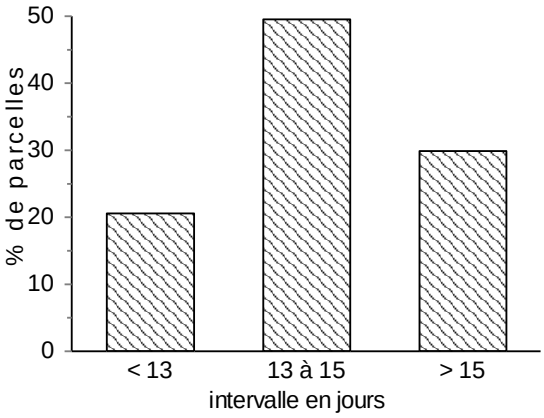


Tableau 4 : répartition des parcelles en fonction
des itinéraires de protection phytosanitaire

		classes AGE1						
		1			2		3	4
classes	classes	classes NB1						
DUREE	NB2	2	3	4	2	3	1	1
1	1				1			
	2		1		1		1	6
	3		1		1		4	22
	4				4		31	6
	5				1		8	
2	1							1
	2			1				4
	3		6		4	1	5	22
	4	1			40		54	9
	5				16		24	
	6						2	
3	2							1
	3			4	6		4	24
	4		7		33		63	12
	5	2			19		16	
	6				3		1	
4	2							2
	3		4	4	7		5	5
	4	2	12	2	32	1	42	1
	5	1	2		17		17	1
	6				1			
5	2	2	3		**2**	**1**	1	
	3	3	2		**9**			5
	4	3	7	5	**44**	**1**	25	
	5				**26**		4	
	6						1	

4.4 analyse de segmentation

Les règles fixées pour le choix des variables à chaque segmentation étaient les suivantes : la meilleure signification du test de Student si elle est supérieure à 10 % et classes finales d'au moins 40 parcelles

Les résultats de la segmentation sont présentés dans la figure 7. Ils révèlent la grande influence de la durée de la période de protection phytosanitaire sur les rendements obtenus. En effet la première dichotomie fait apparaître cette variable en opposant les parcelles ayant été protégées pendant plus de 50 jours et celles ayant connu une période de protection plus courte. A ce stade de la segmentation la variable nombre total de traitements (NBT) aurait pu être choisie mais la signification du test de Student qui opposait les parcelles ayant reçu 5 traitements ou plus (rendement moyen de 1179,7 kg/ha) à celles en ayant reçu moins (rendement moyen de 956,0 kg/ha) était plus faible : 1,4 e^{-12} % (bien que très hautement significative) comparé à 1,4 e^{-15} % pour la durée de la période de protection (DUREE). L'âge de la plante au premier traitement (AGE T1) aurait également pu être sélectionné à ce premier stade de la dichotomie (t de Student significatif à 0,27 %). Cette variable aurait alors opposé les parcelles ayant reçu une première application entre le 31ième et le 45ième jour après le semis (rendement moyen de 1163,8 kg/ha) à celles ayant reçu ce premier traitement en dehors de cette période, avant ou après (rendement moyen de 1070,7 kg/ha).

Par contre pour les variables nombre de traitements avant le 46ième jour après le semis (NB1) et nombre de traitements du 46ième et le 90ième jour (inclus) après le semis (NB2), aucune dichotomie significative à 10 % n'a été mise en évidence.

Pour les parcelles ayant connu une durée de protection insecticide inférieure à 51 jours, la seule dichotomie significative qui soit apparue (mais le test de Student n'est significatif qu'à 5,23 %) distingue les parcelles pour lesquelles cette durée était inférieure à 41 jours (887,9 kg/ha) des autres (970,5 kg/ha) qui ont connu une durée de protection comprise entre 41 et 50 jours (inclus).

Pour les parcelles sur lesquelles la durée de la période de protection a été supérieure à 50 jours, trois variables autres que celle retenue dans la figure 7 (DUREE : durée de la période de protection) auraient pu être choisies pour une seconde dichotomie. La variable NBT (nombre total de traitements) aurait distingué (test de Student significatif à 0,67 %) les parcelles ayant reçu 6 applications ou plus (1245,6 kg/ha) des autres qui en reçurent moins de 6 (1147,8 kg/ha). La variable AGE 1 (âge de la plante au premier traitement) aurait alors opposé (test de Student significatif à 0,04 %) les parcelles ayant reçu le premier traitement avant le 31ième jour (1035,1 kg/ha) aux autres parcelles (1215,7 kg/ha). Enfin, la variable NB1 (nombre de traitements avant le 46ième jour) aurait scindé (test de Student significatif à 0,02 %) les parcelles ayant reçu au plus une application (1215,3 kg/ha) de celles en ayant reçu 2 ou plus (1005,7 kg/ha). Ces deux dernières dichotomies possibles suggèreraient qu'il n'est pas très utile de protéger le cotonnier trop tôt en début de campagne. Mais, il apparaît que cette protection en début de cycle s'est faite surtout au détriment d'une bonne protection en fin de cycle. Les parcelles (65) pour lesquelles le premier traitement à été réalisé avant le 31ième jour après le semis ont reçu une dernière application en moyenne au 92ième jour après le semis au lieu du 107ième jour après le semis pour les autres parcelles malgré une durée de la période de protection plus longue : en moyenne 71 jours contre 65 jours. Cela est un peu plus marqué avec la deuxième variable (NB2) puisque les parcelles qui reçurent deux applications ou plus avant le 46ième jours après le semis ont reçu leur dernier traitement en moyenne au 92ième jour après le semis au lieu du 113ième jour après le semis pour les autres parcelles et malgré une durée de la période de protection plus longue : en moyenne 71 jours contre 66 jours. L'intérêt de la protection précoce n'est donc peut être pas remis en cause mais celui de la protection en fin de cycle est peut être renforcé.

La dichotomie apparue pour les parcelles ayant connu une durée de protection comprise entre 51 et 70 jours (inclus) renforcerait cette conclusion. En effet, les parcelles ayant été protégées trop tôt (avant le 31ième jour après semis), qui ont eu des performances de production faibles (955, 3 kg/ha contre 1167,7 kg/ha pour les autres parcelles) ont vu leur protection arrêtée plus tôt : en moyenne au 84ième jour après le semis au lieu du 109ième jour après le semis pour les autres parcelles avec durées de période de protection pourtant comparables (63 jours contre 59 jours).

Mais, c'est la dichotomie (test de Student significatif à 2,82 %) qui est apparue pour les parcelles ayant été protégées pendant plus de 70 jours qui préciserait le mieux cette conclusion. Elle oppose les parcelles ayant reçu un premier traitement du 31ième au 45ième jour (inclus) après le semis aux autres parcelles qui l'ont reçu en dehors de cette période (Tableau 5).

Tableau 5 : caractéristiques des classes de parcelles
ayant connu une durée de protection supérieure à 70 jours

age de la plante au premier traitement en jours après semis	Rendement en kg/ha	nombre de parcelles	durée de la période de protection en jours	age de la plante au dernier traitement en jours après semis
moins de 31 jours	1162.8	25	85	105
de 31 à 45 jours	1371.1	83	83	122
plus de 45 jours	1274.9	36	77	130

Ainsi, la protection précoce du cotonnier (avant le 46ième jour après le semis) est donc utile si l'arrêt de la protection n'est pas trop précoce.

Aucune autre dichotomie significative n'a été mise en évidence probablement parce que la variabilité des itinéraires techniques de protection phytosanitaire du cotonnier n'explique qu'environ 10 % de la variabilité des rendements.

Cette analyse de segmentation montre mieux la diversité des itinéraires techniques de protection phytosanitaire suivis par les agriculteurs maliens que des analyses de distribution de chaque élément de cet itinéraire technique. De plus elle associe ces itinéraires à des performances de production. Elle montre en particulier que des itinéraires techniques de protection différents peuvent aboutir à des performances de production comparables et que les meilleures productions sont garanties avec un démarrage de la protection entre le 31ième et le 45ième jour (inclus) après le semis et une durée protection de plus de 70 jours (ce qui correspond à un minimum de 6 traitements effectués tous les 14 jours) et donc un arrêt de la protection au minimum au 100ième jour après le semis. Enfin, par rapport aux régressions multiples, elle permet de mettre en évidence des effets non linéaires (cas de la dernière dichotomie).

5 Discussions

Il est difficile de dissocier l'effet des pratiques de protection phytosanitaire de ses interactions avec d'autres facteurs culturaux en particulier avec la date de semis. En effet, l'examen de la répartition des dates de semis pour chacune des six classes mises en évidence par l'analyse de segmentation montre en particulier que la classe ayant procuré les meilleurs rendements est aussi celle où les semis ont été réalisés le plus tôt (Tableau 6).

Tableau 6 : taux cumulés de parcelles semées à chaque décade
et par classe de parcelles

date de semis		DUREE en jours					
				51 - 70 j		> 70 j	> 70 j
mois	décade	< 41 j	41 – 50 j	AGE1		AGE1	
				<31 j	> 30 j	31 - 45j	<31 j ou >45 j
Mai	1	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0
Mai	2	1.1	2.6	2.5	7.7	14.5	9.8
Mai	3	14.8	13.2	12.5	31.0	50.6	37.7
Juin	1	42.0	41.6	22.5	59.7	84.3	55.7
Juin	2	78.4	80.5	57.5	93.3	95.2	91.8
Juin	3	93.2	96.8	97.5	98.7	98.8	100.0
Juillet	1	97.7	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0
Juillet	2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Mais si la durée de la période de protection est probablement plus longue lorsque les semis sont plus précoces, le coefficient de corrélation entre les durées des périodes de protection en jours et les décades de semis (de 1 à 8 en commençant par la première décade de mai) n'est que de - 0,280. Il est certes significatif (compte tenu du nombre de parcelles) mais on ne peut pas considérer que ces deux variables sont très étroitement liées. Pour les semis précoces, cette absence de liaison, peut provenir de la décision d'interrompre tôt le programme d'interventions phytosanitaires pour diverses raisons : abandon pur et simple des parcelles (décès de l'agriculteur, etc) ou protection n'apparaissant plus justifiée (compte tenu de leurs coûts) en raison d'espérances de production faibles dues à un mauvais stand (résultant de conditions pluviométriques erratiques en début de campagne) ou à de mauvaises pratiques culturales (en particulier celles relatives à l'entretien des parcelles vis-à-vis des adventices). Pour les parcelles semées tardivement, il est possible que les agriculteurs devant faire face à des pressions parasitaires plus fortes soient tentés de prolonger la durée de la période de protection de leur culture pour préserver les derniers organes fructifères apparus (production dite de tête).

En considérant les 6 classes de parcelles (ou d'itinéraires de protection) mises en évidence par l'analyse de segmentation, la répartition des parcelles dans ces classes par année montre que sur la période considérée le pourcentage de parcelles ayant connu une durée de la période de protection inférieure à 51 jours a tendance à augmenter et (exception faite de l'année 1997) que le pourcentage de celles ayant connu une durée de la période de protection supérieure à 70 jours a tendance à diminuer (tableau 7). Il n'est donc pas impossible que, parmi les causes de la baisse ou de la stagnation des rendements en zone cotonnière au Mali, une mauvaise dérive des pratiques phytosanitaires puisse intervenir sans parler de la baisse possible de l'efficacité de ces pratiques en liaison avec soit des acquisitions de résistance aux matières actives insecticides chez certaines populations de ravageurs importants soit de mauvaises réalisations des applications (sous dosage, mauvais fonctionnement des pulvérisateurs, etc.).

Tableau 7 : répartition (en %) par année des parcelles
en fonction des itinéraires techniques de protection suivis

DUREE AGE T1	< 40 j	41 – 50 j	51 - 70 j <31 j	51 - 70 j > 30 j	> 70 j 30 - 45j	> 70 j <31 j ou >45 j
1997	9,3	18,5	7,5	47,3	8,5	8,9
1998	11,9	22,4	2,1	37,1	18,2	8,4
1999	6,7	25,4	7,1	38,8	12,9	8,9
2000	25,9	36,4	0,7	30,1	2,8	4,2

5 Conclusions

Bien que le Mali soit considéré comme un pays où la pression exercée par les ravageurs sur la culture cotonnière est faible, cette courte étude montre néanmoins l'importance de la protection phytosanitaire (qui inclue ses interactions avec d'autres facteurs culturaux) sur les performances de production d'une parcelle.

Les conclusions techniques de cette étude rejoignent les recommandations données par la recherche depuis longtemps : un démarrage de la protection entre le 31ième et le 45ième jour après semis et 6 applications espacées de 14 jours pour garantir une durée de protection de 70 jours au sens donné dans les analyses présentées : écart en jours entre le premier et le dernier traitement. Ces conclusions ont été obtenues dans des conditions où actuellement aucun moyen autre que la protection chimique n'est mis en œuvre en culture cotonnière pour contrôler les infestations de ravageurs ou réduire leurs incidences au Mali. L'emploi d'autres moyens (variétés résistantes, variétés de cycle différent, associations de culture, etc)

pourrait modifier ces conclusions qui portent uniquement sur l'emploi d'insecticides. D'autre part, même si pour rejoindre les recommandations de la recherche la durée de la période protection a été traduite en nombre de traitements, ces conclusions ne remettent pas en cause les orientations actuelles de la recherche sur la nature et la définition de ces interventions (utilisation de seuils et ciblage).

L'examen des itinéraires techniques suivis par les agriculteurs maliens pour protéger leur culture cotonnière montre que seuls 10,7 % d'entre eux respectent les recommandations de la recherche. Ce constat, qui pourrait être inquiétant au regard de l'ancienneté de ces recommandations, doit avant tout interpeller la recherche et le développement. En effet, il est important d'identifier les raisons du non respect des recommandations de la recherche :

facteurs techniques défavorables ne permettant pas de rentabiliser ces recommandations
objectifs de production des agriculteurs ne nécessitant pas un tel niveau de protection de leur culture

coût et rentabilité des interventions comme le soulignent Cousinié et Djagni (1991) pour le Togo

pénibilité des interventions bien que les nouveaux modes de pulvérisation l'aient considérablement allégée

impossibilité de respecter de la régularité des interventions

main d'œuvre difficile à mobiliser pour les interventions

faible disponibilité des produits phytosanitaires ou des équipements nécessaires à leur application

méconnaissance de l'incidence des ravageurs et/ou doutes sur l'efficacité des interventions

utilisation des produits phytosanitaires à d'autres fins que celle de la protection de la culture cotonnière (Cousinié et Djagni, 1991)

refus d'utilisation du à une prise de conscience de la toxicité des produits

etc...

La connaissance de ces raisons permettra peut être d'apporter des solutions : à l'amélioration des espérances de production en agissant sur d'autres facteurs techniques : réduction des coûts, accès facilité aux produits ou aux équipements, formation et information des agriculteurs, recherche d'alternatives à la lutte chimique, etc.

D'autre part, qu'il s'agisse des analyses de régression multiple ou de l'analyse par segmentation, ce ne sont que les effets de pratiques phytosanitaires qui ont été étudiés. Les causes (les ravageurs, leur diversité et leurs incidences) ne le sont pas. D'autres observations (suivi des populations de ravageurs et appréciation de leurs dégâts à différentes périodes du cycle) auraient été nécessaires pour mieux comprendre les effets des pratiques phytosanitaires en milieu réel.

Enfin, les interactions entre facteurs culturaux étant probablement plus fortes en milieu réel qu'en milieu contrôlé, on ne peut pas isoler les éléments de la protection phytosanitaire de cette culture des autres facteurs culturaux pour tenter d'expliquer les performances de

production des parcelles cotonnières en milieu réel. A l'inverse écarter la protection phytosanitaire des facteurs qui peuvent être pris en compte dans toutes les études multi et inter disciplinaires concernant la culture cotonnière apparaîtrait comme une erreur.

Bibliographie

Cadou J. 1982. Niveau de protection phytosanitaire et rendement de la culture cotonnière au Mali. Coton et Fibres Tropicales, 37, 4, 317 – 325

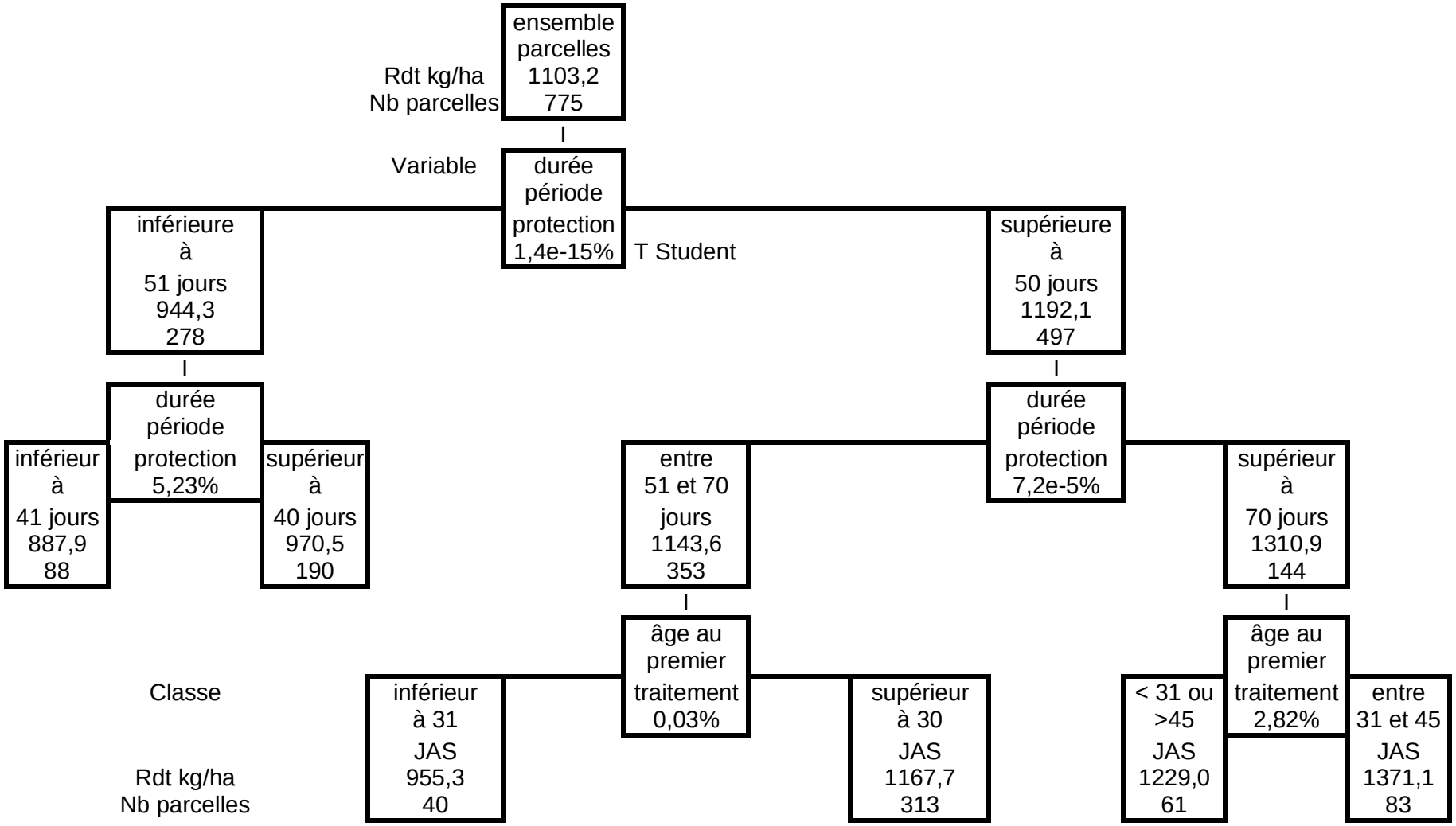
Cousinié P. and Djagni K. 1991. Pratiques paysannes en culture cotonnière au Togo. Coton et Fibres Tropicales, 1991, 46, 4, 271 - 283

Nibouche S. and Goze E. 1993. Efficacité et rentabilité de la protection phytosanitaire vulgarisée en culture cotonnière au Burkina Faso, Coton et Fibres Tropicales, 48, 3, 159 – 175

Renou A., Martin T. and Gopaye I. 1993. Parcelles à trois niveaux de protection en culture cotonnière au Tchad. Résultats sur trente ans. Coton et Fibres Tropicales, 1993, 2, 121 – 137

Vaissayre M., Sément G. and Trijau J.P. 1984. Aspects phytosanitaires de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire, d'après le réseau d'essais à trois niveaux de protection. Coton et Fibres Tropicales, 39, 2, 1 – 7

Figure 7 : résultats de l'analyse de segmentation pour l'itinéraire de protection phytosanitaire



COMPATIBILITE DES INTERVENTIONS SUR SEUIL AVEC LES STRATEGIES DE GESTION DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES DANS LES POPULATIONS D'HELICOVERPA ARMIGERA HÜBNER AU MALI

1 Justification

De nombreuses études ont montré l'intérêt des interventions insecticides basées sur des observations concernant les ravageurs (Brittain, 1983 ; Hatcher and al, 1984 ; Lacewell and Masud, 1989) mais dans certains cas les programmes d'interventions calendaires se sont révélés plus efficaces (Nyambo, 1989 a and b). Au cours de ces dernières années, la protection de la culture cotonnière contre ses ravageurs a évolué en Afrique Francophone (Cauquil and Vaissayre 1994) et au Mali en particulier. En effet, la prise en compte de la résistance des populations d' *Helicoverpa armigera* (Hübner) aux pyréthrinoïdes a fait apparaître au sein des programmes de protection des fenêtres dans l'utilisation des matières actives, la lutte étagée ciblée qui a introduit la notion de seuil est déjà pratiquée sur plus de 36 000 ha et des traitements sur seuils sensu stricto ont débuté au sein de 12 villages de la zone cotonnière au cours de la campagne 2001 (966 ha). En plus des contraintes liées à ces évolutions (Cauquil and Vaissayre 1995), la recherche se doit d'en évaluer les risques.

2 Objectifs

Pour faciliter l'acceptation des programmes d'interventions sur seuils par les agriculteurs maliens on pourrait ne prendre en compte que les ravageurs les plus nuisibles au regard de la production, c'est à dire les ravageurs carpophages. Mais il importe pour cela d'évaluer les risques résultant de l'absence de protection systématique en début de campagne car les infestations de ces ravageurs ne sont élevées qu'en fin de campagne. D'autre part l'intérêt d'une nouvelle molécule, la spinosine, pour la réalisation des traitements sur seuil se doit être apprécié au regard des niveaux de résistance aux pyréthrinoïdes qui peuvent apparaître en fin de campagne dans les populations d' *H. armigera*.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités comparées et dispositif statistique

Quatre programmes de protection phytosanitaire de la culture cotonnière ont été comparés dans un essai implanté sur la sous station de Farako le 21 juin.

Objets	Description
A	Traitements à 14 jours d'intervalle débutant au 45ième jour après la levée : 2 applications d'endosulfan suivies de 4 applications avec une association pyréthrinoïde-organo-phosphoré (Tenor 168EC)
B	Interventions sur seuil avec une association pyréthrinoïde-organo-phosphoré (Tenor 168EC)
C	Interventions sur seuil avec la spinosine (Laser)
D	2 premiers traitements avec de l'endosulfan à 14 jours d'intervalle débutant le 45ième jour après la levée suivis d'interventions sur seuil avec une association pyréthrinoïde-organo-phosphoré (Tenor 168EC)

Le dispositif statistique choisi fut celui Blocs de Fisher à 6 répétitions. La parcelle élémentaire comprenait 20 lignes de 20 mètres espacées de 0,8 mètre. Le seuil pour les ravageurs carpophages a été fixé à 5 chenilles (toutes espèces confondues) pour 25 plants. Les dénombrements étaient réalisés chaque semaine dès l'apparition des boutons floraux sur 25 plants pris dans la diagonale de chaque parcelle.

3.2 observations

Outre les dénombrements hebdomadaires de ravageurs carpophages (les différentes espèces étant distinguées) qui eurent lieu du 30 juillet au 29 octobre, d'autres observations ont été réalisées.

Les 25 plants sur lesquels les dénombrements de ravageurs étaient effectués ont été examinés plus complètement chaque semaine du 30 juillet au 29 octobre pour enregistrer l'occupation ou non du premier site fructifère de chaque branche fructifère. Lorsqu'un organe fructifère était présent sa nature (bouton floral, fleur ou capsule) était mentionnée. En cas de chute, celle ci était indiquée.

Du 20 août au 29 octobre, chaque semaine les organes fructifères tombés dans un interligne par parcelle élémentaire étaient ramassés et triés entre organes sains (ou apparemment sains) et organes ayant subi l'attaque de ravageurs carpophages (organes troués).

Au moment où toutes les capsules étaient ouvertes, un examen détaillé de la production des plants présents sur un tronçon d'une ligne centrale de 1 mètre par parcelle a été effectué. En premier lieu il consistait en l'enregistrement de l'occupation ou non des sites fructifères de chaque branche fructifère (limité aux trois premiers sites de chaque branche fructifère) avec mention de la nature de l'organe retenu (capsule entièrement saine, capsule partiellement saine, capsule pourrie et capsule momifiée) et un dénombrement, dans chacune de ces quatre catégories, des capsules portées par les branches végétatives. En second lieu, la récolte de la production des plants présents sur ces tronçons a distingué : les productions des branches végétatives, celles des premières positions des branches fructifères 1 à 5, 6 à 10 et 11 à 15 et le reste de la production de ces plants. Ces différentes productions ont été ensuite pesées par parcelle.

Enfin le rendement de coton graine a été estimé à partir de la récolte de la production des quatre lignes centrales de chaque parcelle.

3.3 analyses statistiques

Les analyses de variance qui ont été entreprises pour certaines observations ont parfois nécessité l'utilisation d'une transformation des données pour stabiliser les variances. D'autre part, pour les observations en cours de campagne quatre périodes ont été considérée : avant le 28 août (qui fut la date du premier traitement à l'endosulfan sur les parcelles des objets A et D), du 28 août au 25 septembre non inclus (qui fut la date du premier traitement avec un binaire pyréthrinoïde – organo phosphoré pour les parcelles de l'objet A), du 25 septembre au 9 octobre non inclus (qui fut la date de l'intervention sur seuil réalisée sur certaines parcelles des objets B, C et D) et au delà du 8 octobre. Pour la première et la dernière période aucun contraste (subdivision de la somme des carrés des écarts dus aux traitements) n'a été utilisé. Pour la deuxième période un contraste a permis de comparer la moyenne des objets A et D à celle des objets B et C (contraste 1). Enfin pour la troisième période outre le contraste 1 un autre contraste a permis de comparer l'objet A à l'objet D (contraste 2).

4 Résultats

Dynamique et composition du complexe des chenilles carpophages

Aucune chenille carpophage n'a été observée avant la mi août. La dynamique de leurs populations larvaires présentée dans la figure 1 montre qu'elles sont restées très discrètes jusqu'au début du mois d'octobre où un pic d'infestations très prononcé est apparu (le 8 octobre). Pour les objets ne devant recevoir des traitements qu'après l'atteinte d'un seuil d'infestation de 5 chenilles pour 25 plants, seules 9 parcelles ont reçu cette application réalisée le 9 octobre : 4 parcelles pour l'objet B, 3 parcelles pour l'objet C et 2 parcelles pour l'objet D.

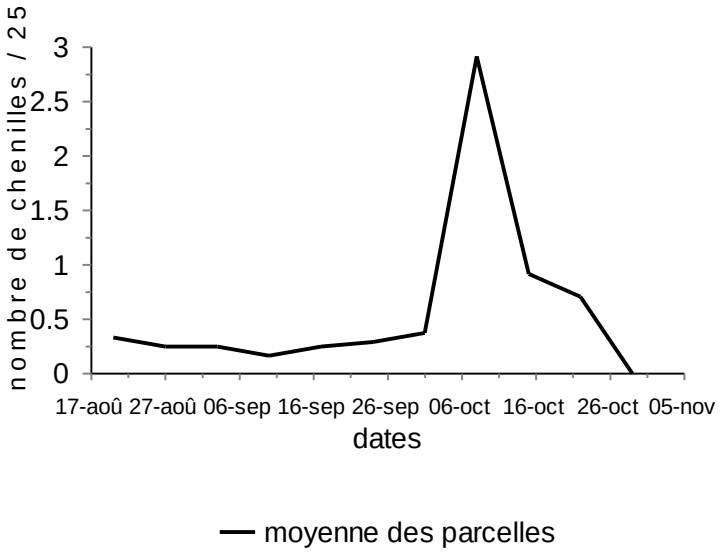


Figure 1 : dynamique des ravageurs carpophages
(chenilles de toutes les espèces confondues)

Sur l'ensemble de la campagne l'espèce *Earias* spp fut à la fois la plus fréquente et la plus précoce en provoquant vraisemblablement des écimages de plants. L'espèce la plus discrète a été *H. armigera* même au moment du pic d'infestation comme l'illustre le tableau 1. On y notera aussi un possible retour de *Diparopsis watersi* (Rotschild) au sein du complexe des chenilles carpophages dans la région de Sikasso au Mali.

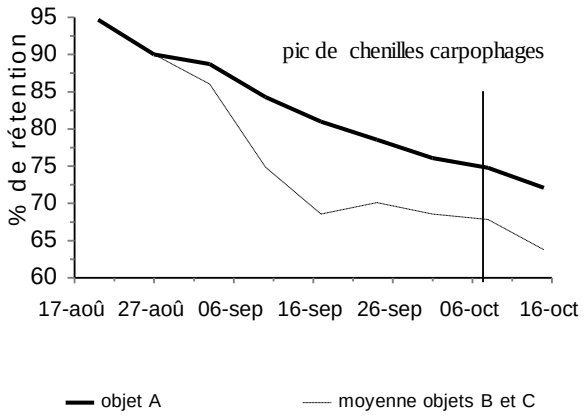
Tableau 1 : importances relatives des différentes espèces carpophages par date

dates	Espèces carpophages		
	H. armigera	*D. watersi*	*Earias* sp
20/08/01	0.00	0.00	100.00
27/08/01	0.00	0.00	100.00
03/09/01	16.67	66.67	16.67
10/09/01	0.00	50.00	50.00
17/09/01	16.67	33.33	50.00
24/09/01	42.86	57.14	0.00
01/10/01	11.11	55.56	33.33
08/10/01	21.43	44.29	34.29
15/10/01	31.82	18.18	50.00
22/10/01	11.76	47.06	41.18

Evolution des taux de rétention des organes fructifères

Pratiquement jusqu'au 10 septembre on ne note pas de différence significative pour les taux de rétention des organes fructifères situés sur les premiers sites des cinq premières branches fructifères. A partir de cette date les parcelles des objets n'ayant pas encore reçu d'application insecticide (objets B et C) présentent des taux de rétention significativement plus faibles (figure 2). Cette différence devient hautement significative à partir du 24 septembre. On ne note jamais de différence significative pour ce taux de rétention entre les objets A et D quelle que soit la date de l'observation.

Figure 2 : évolution des taux de rétention des organes fructifères
sur les premières positions des 5 premières branches fructifères



Pour les cinq branches fructifères suivantes les taux de rétention concernant les mêmes positions fructifères sur chaque branche ne sont significativement différents entre d'une part les objets A et D et d'autre part les objets B et C du 17 septembre au 1er octobre (figure 3). Au terme de la campagne ils sont en moyenne plus faibles que pour les cinq premières branches mais aucune différence significative n'apparaît entre les objets.

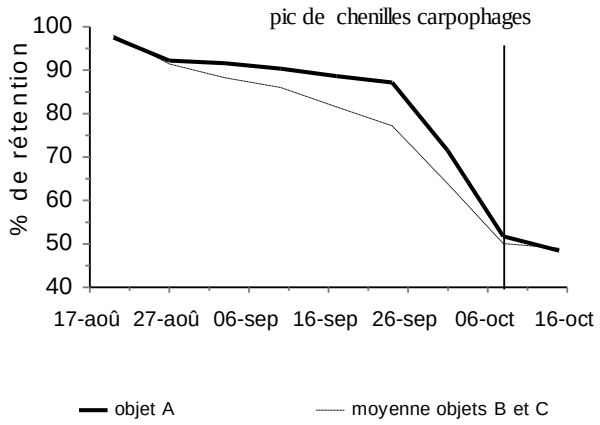


Figure 3 : évolution des taux de rétention des organes fructifères
sur les premières positions des branches fructifères 6 à 10

Enfin pour les branches fructifères de la 11ième à la 15ième aucune différence significative n'est observée entre les objets dans les taux de rétention sur la première position de chaque branche. Ce sont les plus faibles taux de rétention observés.

De ces résultats on remarquera que des différences significatives apparaissent entre l'objet A et la moyenne des objets B et C bien avant le pic d'infestation en chenilles carpophages et au cours de périodes pendant lesquelles les populations de ces ravageurs sont faibles (figure 1).

Abscission des organes fructifères

Les organes fructifères tombés s'ils sont troués indiquent que leur chute a été provoquée par un ravageur carpophage. Les organes fructifères tombés et non troués peuvent provenir soit d'un stress subi par la plante à un moment donné (par exemple stress hydrique par défaut ou par excès), soit d'une régulation physiologique de la plante, soit de l'action directe (par exemple les mirides) ou enfin de l'action indirecte (par exemple les jassides) de ravageurs non carpophages. Les résultats obtenus (tableaux 2 et 3) montrent que les abscissions d'organes fructifères résultant de l'attaque de ravageurs carpophages ont été considérablement plus faibles que celles provoquées par d'autres causes quelle que soit la période considérée. Pour les abscissions d'organes fructifères dues aux ravageurs carpophages (tableau 2) on observe très logiquement des différences significatives pendant les deuxième et troisième périodes :

pour la deuxième période dans les parcelles des objets B et C les chutes sont plus importantes que dans celles des objets A et D (qui ont reçu deux applications d'endosulfan)

pour la troisième période, outre que les chutes sont toujours plus importantes dans les parcelles des objets B et C, dans les parcelles de l'objet D qui ne sont plus protégées les chutes sont significativement plus élevées que dans celles de l'objet A.

Tableau 2 : nombre d'organes fructifères tombés et troués pour 16 m²

	Dates			
	avant le 28/8	du 28/8 au 24/9	du 25/9 au 8/10	Après le 8/10
A	0,67	1,17 a	0,00 a	0,00
B	0,33	6,67 b	7,17 c	0,00
C	0,00	6,00 b	4,67 bc	0,67
D	0,33	0,83 a	2,83 ab	0,33
F objet	**2,11**	**6,42**	**10,25**	**1,28**
Signification %	**14,1**	**0,5**	**0,1**	**31,8**
		Contraste 1		
A et D		1,00 a	1,42 a	
B et C		6,33 b	5,92 b	
F		**19,08**	**22,73**	
Signification %		**0,1**	**0,00**	
		Contraste 2		
F			**4,51**	
Signification %			**4,9**	

Tableau 3 : nombre d'organes fructifères tombés et non troués pour 16 m²

	Dates			
	avant le 28/8	Du 28/8 au 24/9	du 25/9 au 8/10	Après le 8/10
A	2,33	43,17 ab	94,00	14,50
B	2,17	53,00 bc	94,00	12,33
C	3,17	63,83 c	88,17	12,67
D	2,00	33,17 a	93,83	13,17
F objet	**0,37**	**10,91**	**0,73**	**0,57**
Signification %	**77,9**	**0,0**	**55,5**	**64,5**
		Contraste 1		
A et D		38,17 a	93,92	
B et C		58,42 b	91,08	
F		**25,88**	**0,70**	
Signification %		**0,00**	**42,1**	
		Contraste 2		
F			**0,00**	
Signification %			**97,1**	

Pour les abscissions d'organes fructifères non troués on n'observe des différences significatives entre les objets qu'au cours de la deuxième période. Dans les parcelles des objets B et C ces abscissions sont significativement plus importantes que dans celles des objets A et D. Cela signifie qu'au cours de cette période des ravageurs autres que les chenilles carpophages sont responsables de chutes d'organes fructifères puisque les parcelles des objets B et C ne sont pas protégées alors que celles des objets A et D ont reçu deux applications d'endosulfan.

Analyse de la répartition de la production

Au regard des taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des branches fructifères les différences entre les objets ne sont significatives qu'à 10 % (tableau 4). Pour les 5 premières branches fructifères viennent en tête les objets A et D, pour les cinq branches fructifères suivantes l'objet A procure les meilleurs résultats et pour les cinq branches fructifères suivantes les objets B et C ont des taux de rétention plus élevés Aucune différence n'est notée dans les pourcentages de capsules entièrement saines avec des taux plus élevés pour les premières positions fructifères apparues (tableau 4).

Tableau 4 : taux de rétention des organes fructifères
et taux de capsules entièrement saines

	taux de rétention branches fructifères			% capsules entièrement saines		
	1 à 5	6 à 10	11 à 15	plant entier	branches fructifères	
					1 à 5	6 à 10
A	57,1	50,9	15,1	66,7	80,4	64,2
B	50,7	43,0	25,1	69,9	83,1	72,1
C	55,0	43,4	22,9	68,8	85,6	70,8
D	59,7	40,9	12,8	70,9	83,7	61,2
F objet	**2,93**	**2,84**	**3,19**	**0,59**	**0,41**	**1,81**
signification %	**6,7**	**7,3**	**5,4**	**63,5**	**74,7**	**18,8**
Transformation	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**

Pour l'ensemble des parcelles de l'essai, 51,5 % de la production provient des premiers sites des cinq premières branches fructifères et 24, 0 % de premiers sites des cinq branches fructifères suivantes. La production des sites fructifères des branches végétatives n'intervient que pour 7,6 % de la production totale.

Si aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les différents objets de cet essai dans les répartitions de leur production, on notera que la part de la production issue des premiers sites fructifères des cinq premières branches fructifères est plus importante pour les parcelles des objets ayant reçu deux applications d'endosulfan en début de campagne (objets A et D). Ces résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : répartition de la production de coton graine au niveau des plants

	% de la production provenant		
	des premières positions des branches fructifères		des branches végétatives
	1 à 5	6 à 10	
A	48,2	30,0	13,9
B	42,5	31,0	14,1
C	45,0	28,5	15,5
D	54,2	24,9	12,6
F objet	**3,21**	**1,94**	**0,16**
Signification %	**5,29**	**16,6**	**91,9**
Transformation	**bliss**	**bliss**	**bliss**

Résultats de production

Pour l'analyse des rendements (tableau 6) deux contrastes ont été utilisés : le premier oppose l'objet A à tous les autres et le second l'objet D aux objets B et C. En moyenne les parcelles des objets B et C ont significativement produit moins que les parcelles ayant reçu le programme de protection vulgarisé (objet A). L'objet D a procuré un supplément significatif de production par rapport aux objets B et C mais il ne permet pas d'atteindre les performances de l'objet A.

Tableau 6 : résultats de production de coton-graine

Objets	Rendement en kg/ha
A	1749,0 a
B	1376,0 b
C	1407,3 b
D	1551,0 b
F objet	**8,16**
Signification en %	**0,2**
Contrastes	
1 signification en %	**0,0**
2 signification en %	**4,7**

Influence du pic de chenilles de la capsule sur la production

5 Discussions

Le coefficient de corrélation entre les rendements en kg de coton-graine par hectare et les taux de rétention des organes fructifères observés au cours de la campagne sur les premiers sites fructifères des 5 premières branches fructifères, croît régulièrement à partir du début septembre mais n'est significatif qu'au pic d'infestation en chenilles carpophages. Pour les 5 branches fructifères suivantes le meilleur coefficient de corrélation, également significatif à 5%, apparaît en début octobre soit un peu avant le pic d'infestation en chenilles carpophages (Figure 4). Mais le contrôle des infestations de chenilles carpophages au moment du pic d'infestation ont probablement eu peu d'influence sur les différences de production entre

parcelles. En effet, pour les premières positions des cinq premières branches fructifères cela n'a rien de surprenant puisque d'une part à partir du 24 septembre et jusqu'à la fin de la campagne on ne note qu'une très faible baisse des taux de rétention et d'autre part les organes restés en place sur ces sites sont des capsules âgées d'au moins de 27 jours au moment du pic d'infestation (Figure 5) et ne sont plus sujet à l'abscission. Pour les premières positions des cinq branches fructifères suivantes, dont les organes fructifères restés en place sont des capsules âgées de 7 à 23 jours (figure 5) au moment du pic d'infestations en chenilles carpophages, on note également une faible baisse des taux de rétention au-delà du 8 octobre (même si les organes les plus jeunes étaient encore sujets à l'abscission à cette période). L'essentiel des pertes d'organes fructifères sur ces positions a donc eu lieu avant le 24 septembre. Les différences d'événements phytosanitaires que connurent les parcelles de cet essai avant le 24 septembre ont donc eu une importance clé dans la différentiation des productions (les autres conditions de culture étant identiques). Il faut d'ailleurs souligner qu'à la mi-septembre en moyenne sur l'ensemble des parcelles de l'essai le NAWF (nombre de nœuds au-dessus de la branche fructifère ayant une fleur épanouie en première position) était inférieur à 5, indiquant que le cut-out (arrêt du cycle productif) était déjà atteint (Figure 6).

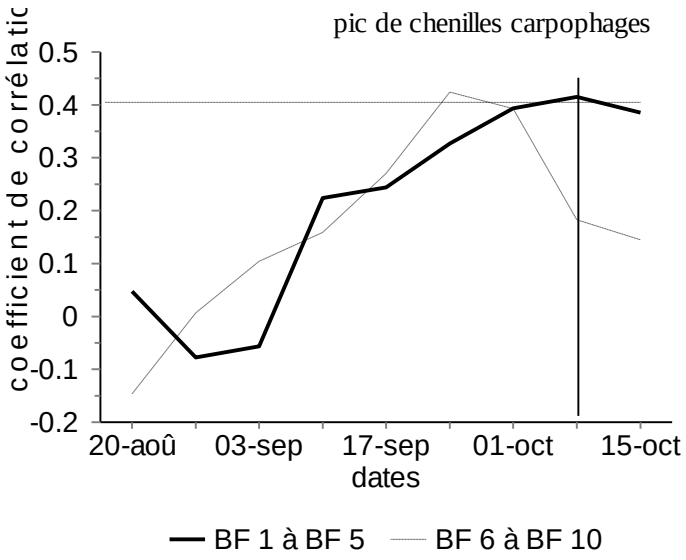


Figure 4 : évolution du coefficient de corrélation entre les rendements en coton-graine des parcelles de l'essai et les taux de rétention des organes fructifères sur les premiers sites fructifères de branches 1 à 5 et 6 à 10.

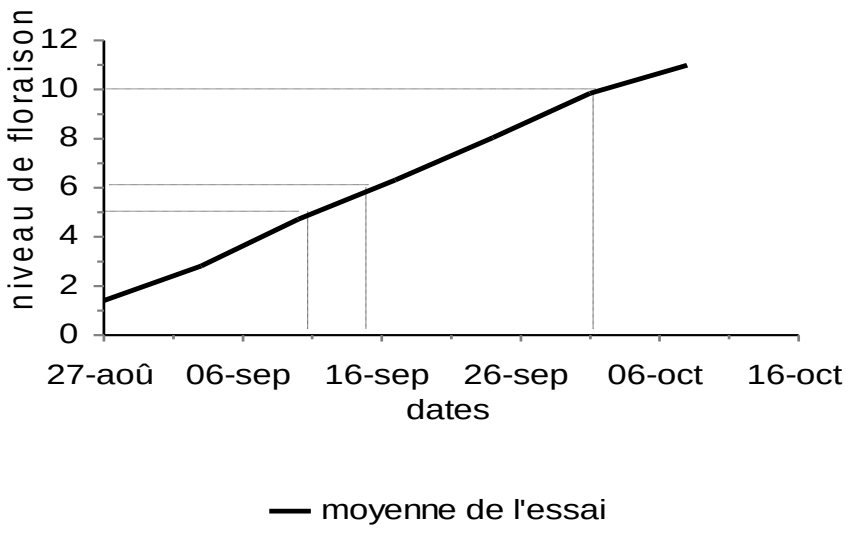


Figure 5 : évolution moyenne du niveau de floraison déduit des observations hebdomadaires de plants

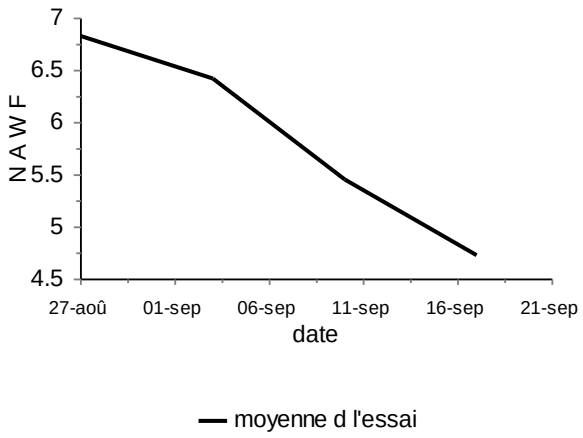


Figure 6 : évolution du NAWF au sein de l'essai

Intérêt de la spinosine pour les interventions sur seuils

La réalisation de l'unique application sur seuil pour quelques parcelles des objets B, C et D ne s'est traduite par une augmentation de production que lorsqu'une alternative aux pyréthrinoïdes a été employée (voir objet C dans le tableau 7). Mais cette augmentation n'est significative qu'à 11,7 %.

Tableau 7 : comparaison des rendements des parcelles ayant reçu une application sur seuil et de celles des mêmes objets ne l'ayant pas reçue.

Objets	Non traitées		Traitées sur seuil	
	Nombre de parcelles	Rendement en kg/ha	Nombre de parcelles	Rendement en kg/ha
B	2	1447,8	4	1368,8
C	3	1341,7	3	1510,4
D	4	1539,1	2	1571,9

Si l'intérêt de l'utilisation d'une alternative aux pyréthrinoïdes dans les programmes d'interventions sur seuil n'est pas apparue significatif au niveau de la production de coton graine on note (tableau 8) pour les parcelles traitées par rapport à celles qui sont restées non traitées une amélioration des taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des branches fructifères à partir de la 6ième branche fructifère (significatif à 10 %) et à partir de la 11ième branche fructifère (significatif à 5 %). Le taux de capsules entièrement saines sur les premières positions est également significatif à 1 % mais à partir de la 11ième branche fructifère (tableau 8).

Tableau 8 : comparaison des parcelles de l'objet C traitées avec la spinosine à celles du même objet qui restèrent non traitées

	taux de rétention branches fructifères			% capsules entièrement saines			
	1 à 5	6 à 10	11 à 15	plant entier	branches fructifères		
					1 à 5	6 à 10	11 à 15
C avec spinosine	54,7	48,7	29,2 a	70,5	86,0	75,5	44,0 a
C non traité	55,3	39,0	16,6 b	67,1	85,2	66,1	0,0 b
T de student	-0,15	2,27	2,31	0,61	0,13	0,65	9,23
signification %	44,7	5,4	4,1	30,2	45,2	28,2	0,6
Transformation	**Bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**Bliss**	**bliss**

D'un point de vue économique en se basant sur les productions obtenues par les différents objets de l'essai, un prix d'achat du coton graine de 200 F CFA par kilogramme (prix pratiqué au Mali en 2001) et sur la différence moyenne du nombre de traitements entre objets (en considérant un coût identique pour chaque traitement quelle que soit la matière active employée), le coût du traitement phytosanitaire aurait du être de 13 200 F CFA par hectare pour que les programmes d'interventions sur seuils (moyenne des objets B et C) engendrent en moyenne la même marge que le programme vulgarisé (objet A). Avec les mêmes bases il aurait du être de 10 800 F CFA par hectare pour que l'objet D soit aussi rentable que le programme vulgarisé (objet A). Enfin il aurait du être de 18 200 F CFA pour que les programmes d'interventions sur seuil (moyenne des objets B et C) assurent des marges comparables à celles de l'objet D.

Au regard des résultats des parcelles de l'objet C sur lesquelles la spinosine fut utilisée lors de l'intervention sur seuil, on note que ce seul traitement a procuré une augmentation de revenu de 33 740 F CFA par rapport aux parcelles du même objet qui restèrent non traitées. Actuellement avec la formulation commercialisée le coût d'un traitement avec de la spinosine est 11 000 F CFA par hectare. La réalisation de cette unique application avec de la spinosine s'est donc révélée, malgré son coût, très rentable par rapport à l'absence de protection.

6 Conclusions

Au regard des résultats économiques les conclusions de cette étude rejoindraient celles de Nyambo (1989 b), si on ne tient compte que des coûts directs des traitements phytosanitaires. Mais en réalité, il faudrait tenir compte également de leurs coûts indirects qui sont malheureusement toujours très difficiles à évaluer : coût vis-à-vis de l'environnement, coût vis-à-vis de la santé humaine, coûts liés à l'apparition de résistance dans les populations de ravageurs ou à des modifications de l'entomofaune déprédatrice ou encore à l'élimination d'auxiliaires utiles, etc.. En tenant compte de ces coûts, les programmes d'interventions sur seuils pourraient alors apparaître plus rentables.
Toujours au regard des résultats économiques il semblerait plus intéressant de n'intervenir sur seuil vis-à-vis de chenilles carpophages qu'après le début de la floraison (apparition

d'une fleur sur la première position de la 5ième branche fructifère) dans les conditions du Mali. En attendant cette date, la protection recommandée pourrait être appliquée. Enfin, pour des interventions sur seuil sensu stricto, les alternatives aux pyréthrinoïdes sembleraient plus appropriées encore que ce résultat mérite d'être confirmé au cours d'expérimentations futures.

Le contrôle des infestations de chenilles carpophages en fin de campagne semble avoir eu peu d'influence sur la différentiation des rendements entre parcelles. Les niveaux d'infestations étaient peu être trop faibles, comme cela a été constaté sur l'ensemble de la zone cotonnière du Mali en 2001. D'autre part le seuil d'intervention utilisé était peut être trop élevé en début de campagne car bien que les infestations en chenilles carpophages à cette période aient été faibles, elles ont peut être eu une incidence sur la production. Ce seuil convenait à des programmes de lutte étagée ciblée mais il est peut être moins approprié aux programmes d'interventions sur seuil sensu stricto tout au long de la campagne.

En effet, au regard de l'évolution des taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des branches fructifères et de l'analyse des abscissions d'organes fructifères, une période clé dans la différentiation des rendements est apparue. Au cours de cette période, qui se situe au début de la floraison jusqu'à l'apparition d'une fleur en première position sur la 8ième branche fructifère, les chenilles carpophages sont responsables d'une partie des pertes d'organes fructifères. Cette part n'est pas prépondérante dans les abscissions mais un seuil d'infestation plus bas au cours de cette période aurait peut être permis de la réduire.

Enfin, des ravageurs autres que les chenilles carpophages (certainement des insectes piqueur-suceurs parmi lesquels les mirides et peut être les jassides tiennent une place importante à Farako) ont été responsables de pertes d'organes fructifères moins négligeables au cours de cette période. Il apparaît donc essentiel au Mali de les prendre en compte dans les programmes d'interventions sur seuil comme dans tout autre programme de protection. Plusieurs voies alors méritent d'être explorées pour contrôler ces ravageurs non carpophages en début de cycle.

- intervenir par des applications chimiques sur seuils basés sur l'observation de dégâts (car le dénombrement de ces ravageurs n'est pas aisé) semble envisageable pour les jassides (Renou and al, 2001) mais plus difficile pour les mirides car l'apparition de leurs dégâts sur feuille est trop tardive pour qu'une intervention soit efficace (Cadou, 1994). D'autre part, il n'est peut être pas souhaitable de compliquer la mise en place des programmes d'interventions sur seuil en milieu paysan avec la prise en compte d'une multitude de ravageurs (Matthews, 1994).

- employer des variétés résistantes serait l'une des voies les respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. Pour les jassides la pilosité foliaire reste le caractère morphologique le plus sûr pour conférer une résistance variétale (Parnell and al, 1949 ; Reed, 1974; Krishnananda and Agarwal, 1979 ; Butler and al, 1991 and Sharma and Sharma, 1997). Vis-à-vis des mirides le caractère nectariless (absence de nectaire) semble prometteur (Benedict and al, 1976). Comme d'autre part la pilosité foliaire ne semble avoir soit aucune incidence sur les populations de mirides (Cadou and Kammacher, 1953) soit dans certains cas les diminuer (Wilson and and George, 1986), il est donc envisageable de créer des variétés résistantes à la fois aux jassides et aux mirides.

- pratiquer une association avec une autre plante (cultivée ou non) pour détourner ces ravageurs de la culture cotonnière ou les empêcher de la coloniser est également envisageable. Pour les jassides un effet de barrière du maïs a déjà été observé lorsque les cotonniers sont semés 40 à 50 jours avant sa récolte (Genay,

1994). Vis-à-vis des mirides c'est la stratégie de détournement qu'il faut privilégier car le cotonnier n'est pas considéré comme la meilleure plante hôte pour ces ravageurs (Stride, 1968).

- enfin, l'effet d'un insecticide systémique, appliqué en traitement de semences ou épandu au moment de l'application d'engrais complet, qui freinerait en tout début de cycle les premiers développements des populations de ces ravageurs mérite d'être exploré (Genay and al, 1993 a and b and Renou and al, 2001) .

Bibliographie

Benedict J., Leight T. and Hyer A. 1976. Host plant resistance in cotton to *Lygus* bugs and other insect pests. Proc. West. Cotton Prod. Conf., Fresno Calif., 33, 15pp

Brittain J. 1983. Extension IPM programs in South Carolina. Proceedings of the Congress of Plant Protection, Brighton, 3, 20 – 25

Butler G. D., Jr. Wilson F. D. and Fishler G. 1991. Cotton leaf trichomes and populations of *Empoasca lybica* and *Bemisia tabaci*. Crop Protection, 10, 461-464

Cadou J. and Kammacher P. 1952. Essai d'interprétation des résultats d'un essai comparatif de variétés de coton par l'influence combinée de deux parasites : *Lygus vosseleri* Popp. (Héter. *Capsidae*) et *Empoasca* sp., (Hom. Jass.). Coton et Fibres Tropicales, 7, 2, 273 - 285

Cadou J. 1994. Les Mirinae du cotonnier en Afrique et à Madagascar. Série *Les déprédateurs du cotonnier en Afrique Tropicale et dans le reste du monde* n°8, 74pp

Cauquil J. and Vaissayre M. 1994. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. I. Nouvelle politique de protection et choix des pesticides. Agriculture et Développement, 3, 13 - 23

Cauquil J. and Vaissayre M. 1995. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. II. Contraintes et perspectives des nouveaux programmes. Agriculture et Développement, 5, 17- 29

Genay, J.P., Pooprompan, P. and Gesnara, W. 1993a. Systemic insecticides in seed treatment for the control of early sucking pests on glandless cotton in Thailand. Proceedings of the "31st Kasetsart University Annual Conférence

Genay, J.P., Pooprompan, P. Trebuil, G. and Kimnarux. 1993b. Optimizing cotton cultivation using IPM : preliminary results for the vegetative phase. Proceeding of the "10th Thailand National Farming Systems Seminar" Kasetsart University. Thailand, 9p

Genay, J.P. (1994). Trois années d'expérimentation phytosanitaire sur cotonnier en Thaïlande (1991-1993) : bilan et perspectives. Documents de travail CIRAD CA, n°4-94, Montpellier, France, 38 p

Hatcher J.E., Wetzstein M.E. and Douce G.K. 1984. An economic evaluation of integrated pest management for cotton, peanuts and soybeans in Georgia. Research Bulletin, College of Agriculture Experiment Stations, University of Georgia. N° 318, 28pp

Krishnananda N. and Agarwal R.A. 1979. Sources of resistance to jassid, *Amrasca devastans* Distant in cotton. Indian Journal of Entomology 41, 177-180

Lacewell R .D and Masud S.M. 1989. Economic analysis of cotton IPM programs. *In* Frishie, R.E., El Zik, K.M. and Wilson L.T. (eds, Integrated Pest Management Systems and Cotton Production, Wiley, New York, 437 pp

Matthews G.A.1994. Chemical control. *In* Insect pests of cotton Matthews and Tunstall (ed), CAB International, 535 - 558

Nyambo B.T.1989 a. Assessment of pheromone traps for monitoring and early warning of *Heliothis armigera* Hübner (Lepidoptera : Noctuidae) in the western cotton growing areas of Tanzania. Crop Protection. 8, 188 – 192

Nyambo B.T. 1989 b. Using scouting in the control of *Heliothis armigera* in cotton in WCGA in Tanzania. Crop Protection. 8, 310 – 317

Parnell F. R., King H.E. and Ruston D.F. 1949. Insect resistance and hairiness of the cotton plant. Bulletin of Entomological Research 39, 539-575

Reed W., 1974. Selection of cotton varieties for resistance to insect pests in Uganda. Cotton Growing Review 51, 106-123

Renou A., Pagès J., Dessauw D. and Charusri J. 2001. First steps to improve cotton crop management in Thailand. *In* Compte Rendus du Congrès de Phytiatrie et de Phytopharmacie de Gand, 66/2a, 2001 ; 425 - 435

Sharma G. N. and Sharma P. D. 1997. Ovipositional behaviour of cotton leafhopper, *Amrasca biguttula* (Ishida) vis a via morphological characters of cotton cultivars. Annals of Plant Protection Sciences, 5, 1, 15-17

Stride G.O. 1968. On the biology and ecology of *Lygus vosseleri* (Heter. Miridae) with special reference to its host plant relationship. Journal of Entomological Society of South Africa. 31, 17 - 59

Wilson F.D. and George B.W. 1986. Smoothleaf and hirsute cottons : response to insect pests and yield in Arizona. Journal of Economic Entomology, 79, 1, 229 – 232

annexe 1 : évolution des taux de rétention (en %) des organes fructifères
sur les premières positions des cinq premières branches fructifères

	dates								
	20/8	27/8	3/9	10/9	17/9	24/9	1/10	8/10	15/10
A	77,6	72,2	70,7	65,8	64,3	61,9a	61,2ab	60,2	58,5
B	75,2	69,5	66,0	56,0	49,8	55,9a	54,6b	54,8	53,5
C	77,7	71,9	70,6	64,7	61,5	57,9a	57,3ab	56,2	55,3
D	78,6	75,8	73,0	68,6	64,9	63,7a	62,9a	61,3	60,0
F objet	**0,89**	**1,22**	**1,19**	**2,95**	**2,56**	**3,29**	**3,59**	**2,89**	**2,54**
signification %	**47,0**	**33,7**	**34,7**	**6,6**	**9,3**	**4,9**	**3,9**	**7,0**	**9,5**
contraste 1									
A et D			71,8	67,2	64,6	62,8a	62,0a	60,7a	
B et C			68,3	60,3	55,6	56,9b	56,0b	55,5b	
F			**1,73**	**4,66**	**4,13**	**8,97**	**9,46**	**8,15**	
signification %			**20,5**	**4,6**	**5,8**	**0,9**	**0,7**	**1,2**	
contraste 2									
F							**0,38**	**0,19**	
signification %							**55,1**	**66,9**	
transformation			**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**

annexe 2 : évolution des taux de rétention des organes fructifères
sur les premières positions des branches fructifères 6 à 10

	dates								
	20/8	27/8	3/9	10/9	17/9	24/9	1/10	8/10	15/10
A	87,2	76,5	72,7	72,1	70,2	68,7a	58,3	46,2	44,1
B	84,9	73,4	68,8	67,2	63,4	61,3a	53,0	44,6	43,8
C	86,0	73,5	71,8	69,5	66,8	62,2a	53,2	45,5	45,0
D	82,8	75,3	75,4	75,0	72,6	71,2a	59,8	48,6	44,1
F objet	**0,27**	**0,34**	**1,82**	**1,30**	**1,84**	**3,54**	**2,98**	**0,45**	**0,04**
signification %	**84,4**	**80,0**	**18,6**	**31,0**	**18,2**	**4,0**	**6,4**	**72,6**	**98,7**
contraste 1									
A et D			74,0	73,6	71,4 a	70,0a	59,1a	47,4	
B et C			70,3	68,4	65,1 b	61,7b	53,1b	45,1	
F			**3,42**	**3,13**	**4,51**	**10,07**	**8,65**	**0,82**	
signification %			**8,1**	**9,4**	**4,9**	**0,6**	**1,0**	**38,2**	
contraste 2									
F							**0,27**	**0,46**	
signification %							**61,4**	**51,4**	
transformation			**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**

annexe 3 : évolution des taux de rétention des organes fructifères
sur les premières positions des branches fructifères 11 à 15

	dates					
	10/9	17/9	24/9	1/10	8/10	15/10
A	82,7	68,0	67,2	46,0	26,7	13,3
B	66,1	61,5	64,9	47,6	30,1	21,5
C	72,2	65,0	62,3	46,7	31,0	24,1
D	74,7	63,0	67,2	47,6	26,7	18,7
F objet	**2,06**	**0,41**	**1,36**	**0,04**	**0,35**	**1,29**
signification %	**14,8**	**75,2**	**29,2**	**98,9**	**79,5**	**31,5**
contraste 1						
A et D	78,7	65,5	67,2	46,8	26,7	
B et C	69,1	63,3	63,6	47,2	30,5	
F	**4,00**	**0,26**	**3,26**	**0,01**	**1,01**	
signification %	**6,1**	**62,3**	**8,8**	**92,3**	**33,2**	
contraste 2						
F				**0,08**	**0,00**	
signification %				**78,0**	**99,2**	
transformation			**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**

INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PLANTATION ET DE LA PROTECTION PHYTOSANITAIRE POUR DES SEMIS TARDIFS AU MALI

1 Justification

Dans le souci d'orienter la lutte contre les ravageurs du cotonnier vers une protection intégrée plus respectueuse de la santé humaine et de l'environnement, des alternatives à la lutte chimique doivent être recherchées.

2 Objectif

Les semis tardifs procurent de faibles productions principalement en raison de la brièveté de la saison des pluies mais aussi parce que ces productions s'élaborent au moment des fortes infestations en chenilles carpophages. L'objectif de cette étude fut donc d'examiner la possibilité, dans le cas de semis tardifs, de modifier le processus d'élaboration de la production à l'échelle de la parcelle (par une augmentation de la densité de plantation) pour la faire échapper aux fortes infestations d' *Helicoverpa armigera* Hübner en fin de campagne

3 Matériels et méthodes

Dans un dispositif criss-cross à 6 répétitions deux facteurs ont été étudiés : la densité de plantation et la protection phytosanitaire. Les niveaux de ces facteurs sont donnés dans le tableau ci-dessous :

facteurs	code	description
densité	D1	8,33 plants/m² (0,80 x 0,30 x 2 plants par poquet)
	D2	12,50 plants/m² (0,80 x 0,20 x 2 plants par poquet)
	D3	16,67 plants/m² (0,40 x 0,30 x 2 plants par poquet)
protection phytosanitaire	A	Non traité
	B	1 traitement insecticide au 30ième JAL
	C	2 traitements insecticides aux 30ième et 44^{ième}JAL
	D	3 traitements insecticides aux 30ième, 44ième et 58ième JAL
	E	2 traitements insecticides aux 44ième et 58ième JAL
	F	1 traitement insecticide au 58ième JAL

JAL : jour après la levée

Différents niveaux de protection phytosanitaire ont été appliqués non pour définir un programme de protection adapté au cas des semis tardifs mais pour examiner si certaines infestations en chenilles carpophages étaient plus particulièrement responsables de la chute d'organes fructifères. Pour cette raison une association d'un pyréthrinoïde et d'un organo-phosphoré (Nurelle D) a été employée lors de chaque application insecticide. Pour éviter un surdosage lors des applications insecticides sur les parcelles ayant la plus forte densité de plantation (du au ralentissement des passages), la dimension des parcelles a été fixée à 6 lignes de 7 mètres de long pour des passages tous les 2,40 mètres quelle que soit la densité de plantation.

Cette étude a été conduite sur la sous station de Kébila (région de Bougouni) où les semis ont été réalisés le 19 juillet. Une attention particulière a été accordée au respect de la quantité d'engrais complet apportée à l'hectare (200 kg/ha d'engrais complet) quelle que soit la densité de plantation et un entretien parfait des parcelles a été assuré pour éviter toute interaction avec d'autres facteurs que ceux mis en œuvre.

Les dates de la première levée, de l'apparition du premier bouton floral et de l'apparition de la première fleur ont été relevées par parcelle.

Les ravageurs ont été observés de manière hebdomadaire (du 27 août au 15 octobre) uniquement dans les parcelles non traitées de cette étude au niveau de 5 poquets qui se suivaient sur un rang. Les poquets pouvant changer d'une semaine à l'autre, à chaque observation le nombre de plants observés par parcelle était relevé. Pour *Aphis gossypii* Glover, *Bemisia tabaci* Gennadius, les jassides, les mirides, *Earias* sp, *Diparopsis watersi* Rotschild et *Anomis flava* Fabricius, seuls les nombres de plants infestés étaient notés. Pour *H. armigera* toutes les chenilles observées étaient dénombrées.

En cours de campagne (les 19 et 27 septembre et les 4, 10 et 17 octobre), dix plants ont été examinés par parcelle pour enregistrer l'occupation ou non du premier site fructifère de chaque branche fructifère. Lorsqu'un organe fructifère était présent sa nature (bouton floral, fleur ou capsule) était mentionnée. Le nombre total de nœuds formés sur la tige principale était également relevé par plant ainsi que le numéro du nœud de la première branche fructifère.

Le nombre de nœuds au dessus de la dernière branche fructifère portant une fleur épanouie en première position a été relevé à trois dates (les 2, 9 et 16 octobre) en examinant par parcelle 10 plants ayant une fleur épanouie en première position de branche fructifère.

Peu de temps avant la récolte trois observations ont été réalisées par parcelle. La densité finale de plants a été estimée le 29 octobre en dénombrant les plants présents sur les deux lignes centrales de chaque parcelle. Le nombre de positions fructifères apparues sur chaque branche fructifère de chaque cotonnier présent sur un tronçon d'une des lignes centrales (de 1,5 mètre lorsque l'écartement entre poquets était de 0,30 mètre et sur un tronçon de 1 mètre lorsque l'écartement entre poquets était de 0,20 mètre) a été relevé le 23 octobre par parcelle. La hauteur de ces mêmes cotonniers (à partir du nœud cotylédonaire) a été relevée le 30 octobre.

A partir du 20 novembre, toutes les capsules étant ouvertes, un examen détaillé de la production des plants présents sur les mêmes tronçons de lignes que précédemment a été effectué. En premier lieu il consistait en l'enregistrement de l'occupation ou non des sites fructifères de chaque branche fructifère (limité aux trois premiers sites de chaque branche fructifère) avec mention de la nature de l'organe retenu (capsule entièrement saine, capsule partiellement saine, capsule pourrie et capsule momifiée) et un dénombrement dans chacune de ces quatre catégories des capsules portées par les branches végétatives. En second lieu, la récolte de la production des plants présents sur ces tronçons a distingué : les productions des branches végétatives, celles des premières positions des branches fructifères 1 à 5, 6 à 10 et 11 à 15 et le reste de la production de ces plants. Ces différentes productions ont été ensuite pesées par parcelle.

Enfin la production restant sur les deux lignes centrales de chaque parcelle a été récoltée puis pesée.

4 Résultats

Toutes les parcelles de l'essai ont vu leurs premiers poquets levés le 29 juillet. Une trentaine de jours plus tard les premiers boutons floraux apparaissaient (Tableau 1).

Tableau 1 : apparition des premiers organes fructifères

	nombre de jours entre	
	levée et premier bouton floral	premier bouton floral et première fleur
D1	32,6	23,3
D2	33,3	23,4
D3	33,2	23,6
F densité	**3,27**	**0,39**
signification en %	**8,01**	**68,9**
A	33,0	23,4
B	33,8	24,0
C	33,8	23,4
D	31,7	22,8
E	32,8	23,3
F	33,3	23,4
F protection	**1,13**	**1,37**
signification en %	**37,1**	**26,9**
F densité x protection	**0,94**	**0,53**
Signification en %	**50,6**	**86,2**

L'augmentation de la densité pourrait retarder l'apparition du premier bouton floral mais la signification n'est que 8,01 %. Aucun effet de la densité n'apparaît sur la durée entre l'apparition du premier bouton floral et l'apparition de la première fleur (en moyenne de 23 jours). De même aucun effet des programmes de protection n'est mis en évidence. Pour la durée entre la première levée et l'apparition du premier bouton floral ce résultat n'a rien de surprenant puisque la première application insecticide eut lieu au 30ième jour après la levée.

Comme pour l'observation précédente une tendance à voir apparaître plus tardivement la première branche fructifère lorsque la densité de plantation augmente semble possible (Tableau 2). Il n'y a toujours pas d'effet significatif des programmes de protection ni d'interaction significative.

Tableau 2 : apparition de la première branche fructifère

	Numéro du nœud de la première branche fructifère
D1	5,64
D2	5,67
D3	5,73
F densité	**2,46**
signification en %	**13,4**
A	5,60
B	5,64
C	5,67
D	5,77
E	5,73
F	5,67
F protection	**1,20**
signification en %	**33,8**
F densité x protection	**1,18**
signification en %	**32,3**

dynamique des ravageurs

Les dynamiques moyennes de chaque espèce sont présentées dans les figures 1 et 2 qui suivent.

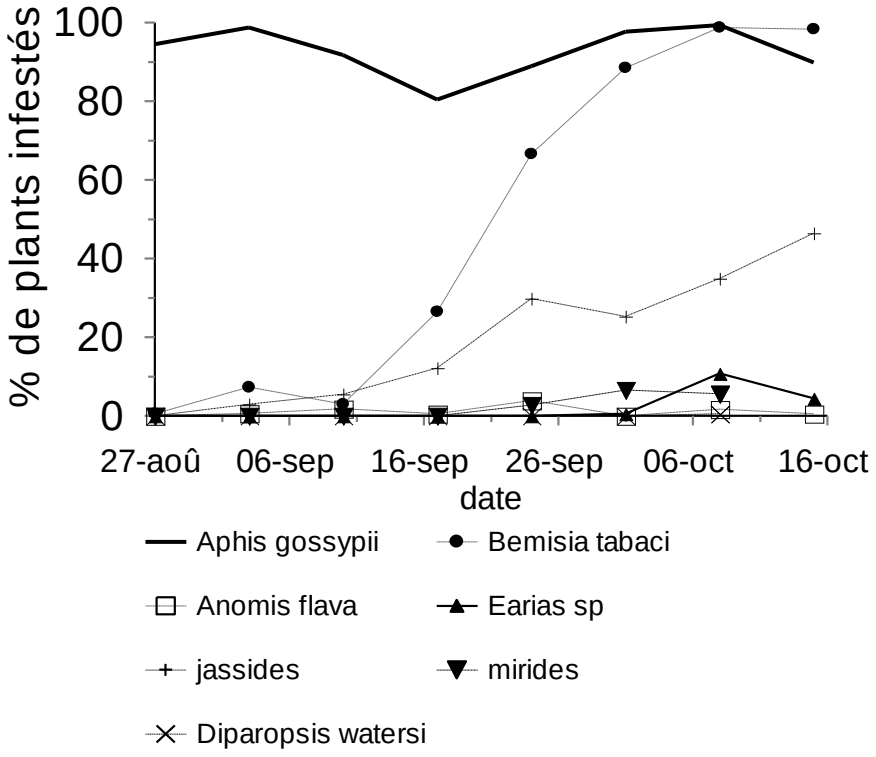


Figure 1 : dynamique de quelques espèces déprédatrices

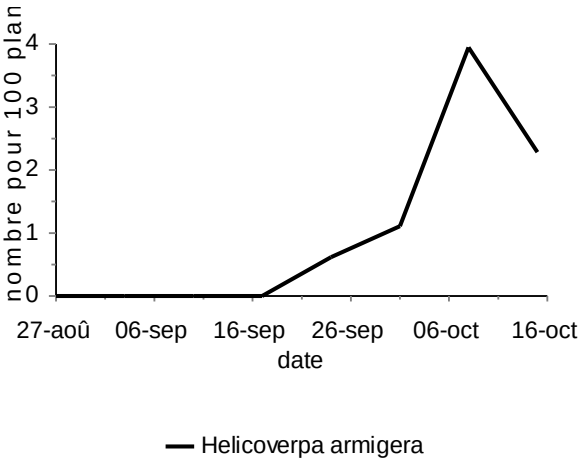


Figure 2 : dynamique des infestations d' H. armigera

Au regard des infestations moyennes par date (pourcentages de plants infestés pour la plupart des ravageurs et nombre de chenilles pour 100 plants pour *H. armigera*) on note des influences de la densité de plantation qui mériteraient d'être confirmées par d'autres expérimentations car elles ne sont pas significatives dans cet essai (Tableau 3) : en particulier les diminutions des taux de plants infestés par *D. watersi* (non analysé), *Earias* sp (non analysé), les mirides (F significatif à 14,9 %) et les jassides (F significatif à 15,8 %) et à l'inverse les augmentations d'infestations observées pour *A. flava* (non analysé) et *A. gossypii* (F significatif à 6,7 %).

Tableau 3 : influence de la densité de plantation sur les infestations de ravageurs (taux de plants infestés)

	D1	D2	D3
Diparopsis watersi	0.42	0.21	0.00
Helicoverpa armigera	0.42	1.69	0.88
Bemisia tabaci	48.18	51.45	46.55
Anomis flava	0.21	1.83	1.50
Earias sp	3.21	1.46	1.30
Jassides	23.06	19.03	17.04
Mirides	3.30	1.67	0.67
Aphis gossypii	90.30	94.49	93.34
Syllepte derogata	1.25	0.21	2.71

Dès la première observation (le 19 septembre) un effet hautement significatif de la densité sur le nombre de nœuds formés sur la tige principale est mis en évidence (Figure 3 et annexe 1). Ce nombre de nœuds diminue lorsque la densité de plantation augmente. Cet effet reste très hautement significatif par la suite. On ne note pas d'interaction significative avec les programmes de protection. Au 10 octobre un effet significatif des programmes de protection est apparu plaçant en tête les trois dernières modalités : des plants écimés par *Earias* spp tardivement ont peut être été sélectionnés sur les parcelles des trois premières modalités de protection.

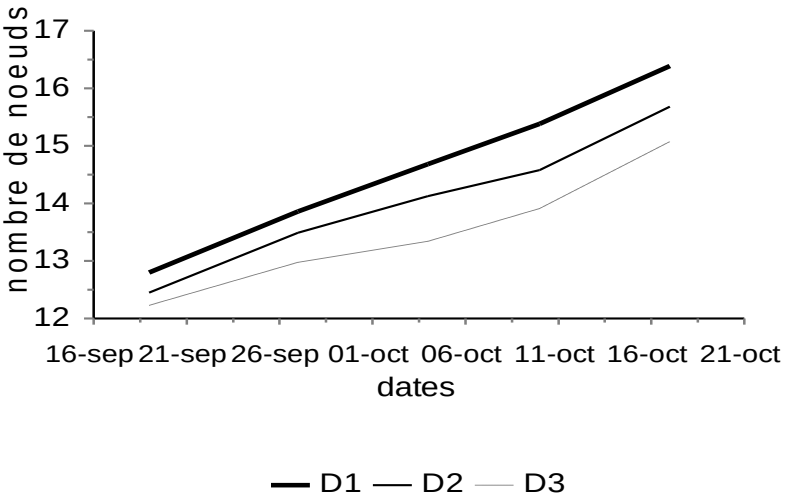


Figure 3 : évolution du nombre de nœuds sur la tige principale

Les observations périodiques de plants n'ont pas permis d'estimer le niveau de floraison atteint sur chaque parcelle à chaque date. Ainsi, des analyses statistiques n'ont été possibles que pour les dates du 4 et 10 octobre.(annexe 2). Un effet très hautement significatif de la densité de plantation est apparu au 10 octobre (Figure 4) : le niveau de floraison est de plus en plus faible lorsque la densité augmente. Avant et après cette date cette tendance est toujours observée mais soit elle n'est pas significative à 5 % soit elle n'a pas pu être analysée. Aucun effet significatif n'est noté pour les programmes de protection et leur interaction avec la densité de plantation.

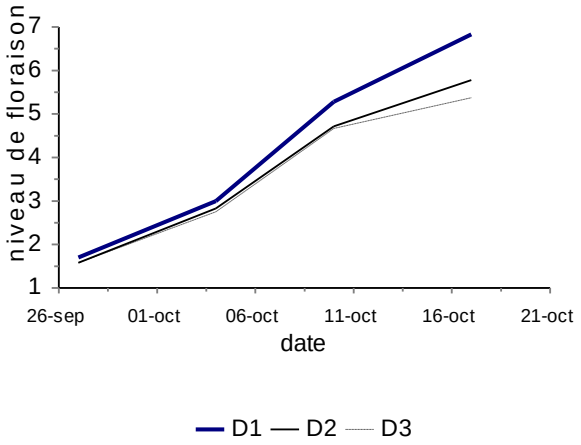
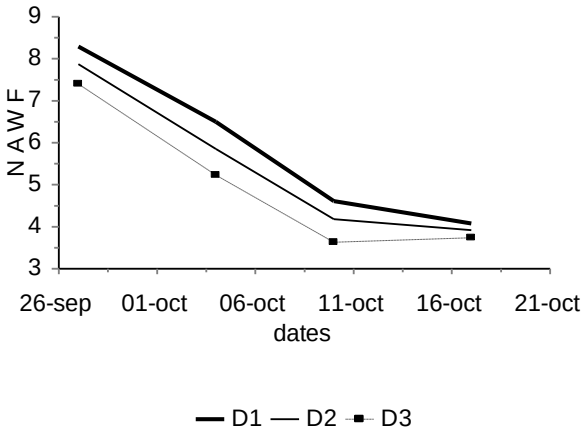


Figure 4 : évolution des niveaux de floraison

Des analyses statistiques n'ont pu être entreprises que pour les observations des 4, 10 et 17 octobre (annexe 3). Pour les deux premières dates les valeurs analysées proviennent des monitorings effectués sur 10 plants par parcelle. Pour la dernière date les valeurs sont issues de l'observation spécifique concernant cette caractéristique en raison de l'absence de fleur en première position de branche fructifère sur les 10 plants ayant servi au monitoring dans de nombreuses parcelles.

Un effet hautement, puis très hautement, significatif est noté pour la densité de plantation avec des valeurs plus faibles lorsque la densité augmente (figure 5). Aucun effet significatif n'est apparu pour les programmes de protection mis en œuvre et leur interaction avec la densité de plantation.

Figure 5 : évolution du NAWF



Une comparaison entre les deux méthodes d'appréciation de cette caractéristique a été possible. La première méthode consiste à noter directement sur un nombre suffisant de plants présentant une fleur épanouie en première position de branche fructifère (fixé à 10 plants par parcelle élémentaire) le nombre de nœuds au dessus de cette fleur. La deuxième méthode consiste à utiliser les résultats du monitoring (réalisé également sur dix plants) pour évaluer ce critère. Les résultats graphiques sont présentés les figures 6a et 6b.

En utilisant les résultats des 108 parcelles de l'essai, des corrélations positives significatives sont donc apparues entre ces deux possibilités d'estimer le critère NAWF. Globalement il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les moyennes de ces estimations pour les 108 parcelles aux deux dates.

Date1 NAWF observé = 5,77; NAWF monitoring = 5,86; t = -0,265 significatif à 79,1%
Date2 NAWF observé = 4,96; NAWF monitoring = 5,00; t = -0,142 significatif à 88,7%

En conséquence, il est inutile de proposer une observation portant uniquement sur l'estimation du NAWF lorsqu'un monitoring est pratiqué sur un nombre suffisant de plants en cours de campagne.

Figure 6 a

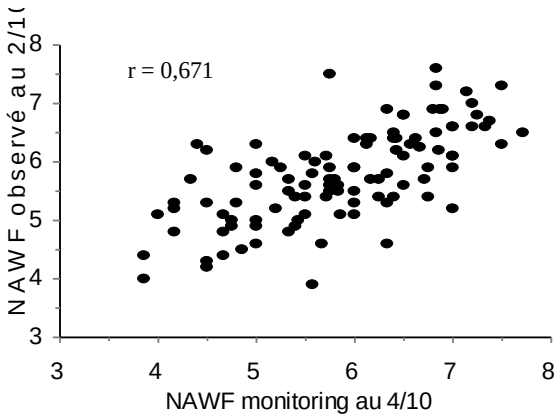


Figure 6 b

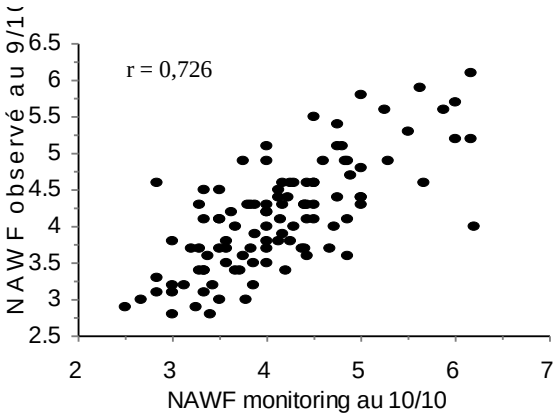


Figure 6 : relations entre les deux méthodes d'estimation du NAWF
a) 2 - 4 octobre et b) 9-10 octobre

Du 19 septembre au 10 octobre, aucun effet significatif de la densité de plantation n'est apparu (annexes 4 et 5). A la dernière date (le 17 octobre), on observe pour la plus forte densité un taux de rétention significativement plus faible des organes fructifères situés sur les premières positions des cinq premières branches fructifères comme sur les cinq suivantes (figures 7a et 7b).

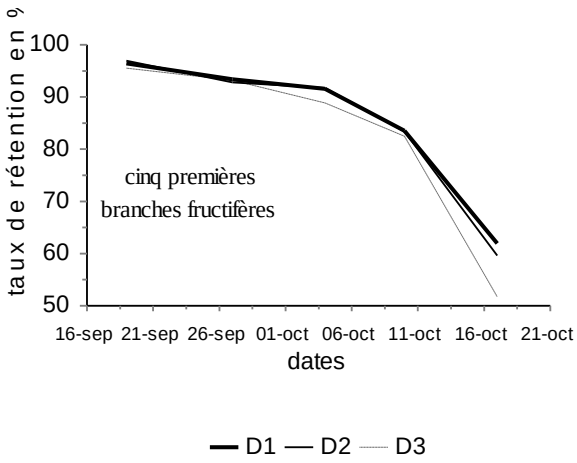


Figure 7a

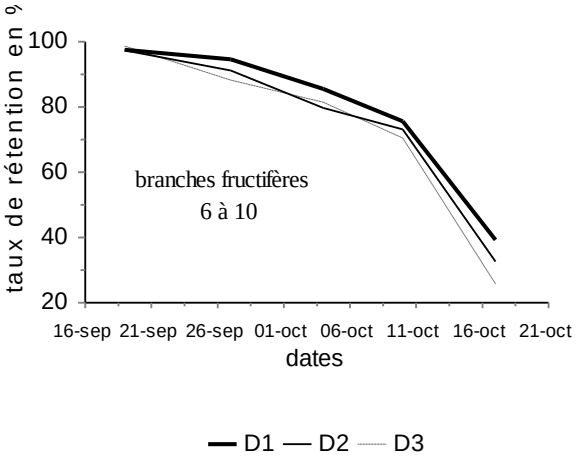


Figure 7 b

Figure 7 : évolution des taux de rétention des organes fructifères

Pour les programmes de protection, des différences statistiquement significatives sont notées à partir du 4 octobre pour les cinq premières branches fructifères et, mais uniquement le 4 octobre, pour les cinq branches fructifères suivantes (annexe 4). Les différents programmes de protection (comprenant au moins une application) ne diffèrent jamais statistiquement entre eux. Par contre, la différence entre l'objet non traité et les objets traités (contraste) est significative dès le 27 septembre et jusqu'à la fin de la campagne pour les branches fructifères 1 à 5 et dès le 4 octobre et jusqu'à la fin de la campagne pour les branches fructifères 6 à 10. (figures 8a et 8b)

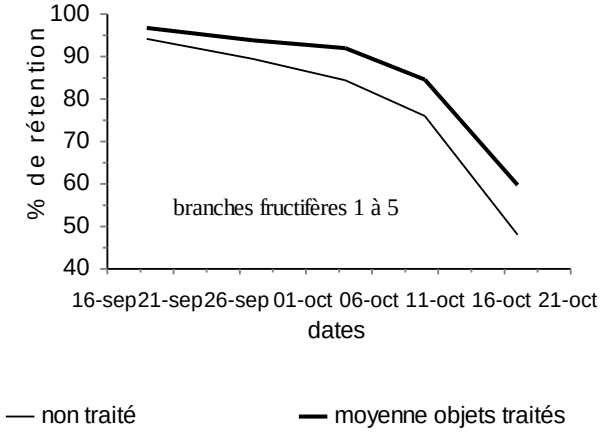


Figure 8a

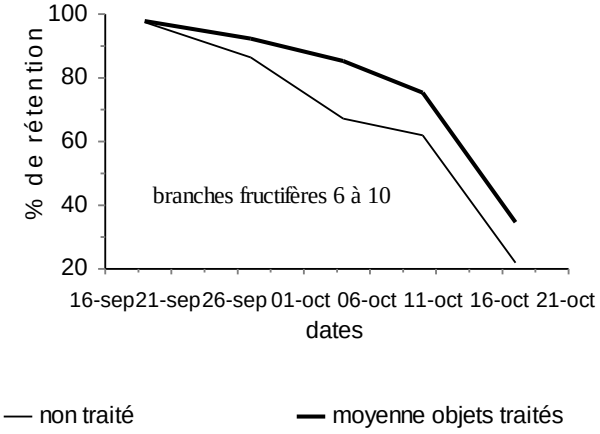


Figure 8b

Figure 8 : évolution des taux de rétention des organes fructifères

Aucune interaction significative n'est notée entre les programmes de protection et la densité de plantation.

Les nombres de sites fructifères apparus par branche fructifère sont significativement plus élevés lorsque la densité de plantation décroît (Tableau 4 et Figure 9). A l'opposé, mais uniquement pour les 5 premières branches fructifères, le nombre total de sites fructifères formés par unité desurface croît avec la densité (tableau 5 et Figure 10). Cette relation s'inverse pour les branches fructifères au delà de la cinquième. Il n'y a aucun effet significatif

des types de protection pratiqués mais le nombre de sites fructifères par branche fructifère ou par m² est presque toujours plus élevé pour le niveau de protection le plus fort (objet D : trois applications).

Tableau 4 : production de sites fructifères par branche fructifère

	nombre de sites fructifères sur les branches fructifères					
	1	2	3	4	5	6
D1	1,88 a	1,88 a	1,82 a	1,64 a	1,47 a	1,32 a
D2	1,52 b	1,51 b	1,42 b	1,36 b	1,22 b	1,13 b
D3	1,39 c	1,35 c	1,31 b	1,21 b	1,11 b	1,05 b
F densité	**134,56**	**52,07**	**18,25**	**19,86**	**25,12**	**15,25**
Signification en %	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,1**
A	1,47	1,47	1,44	1,32	1,18	1,04
B	1,54	1,49	1,45	1,38	1,21	1,19
C	1,53	1,46	1,39	1,31	1,18	1,09
D	1,77	1,77	1,71	1,58	1,42	1,30
E	1,58	1,58	1,43	1,28	1,20	1,12
F	1,69	1,74	1,68	1,54	1,42	1,26
F protection	**1,05**	**1,51**	**1,34**	**1,37**	**1,69**	**1,78**
Signification en %	**41,2**	**22,3**	**28,0**	**26,7**	**17,4**	**15,3**
F interaction	**0,08**	**0,88**	**0,73**	**0,98**	**1,32**	**0,79**
Signification en %	**33,3**	**55,5**	**69,3**	**47,0**	**24,5**	**63,6**

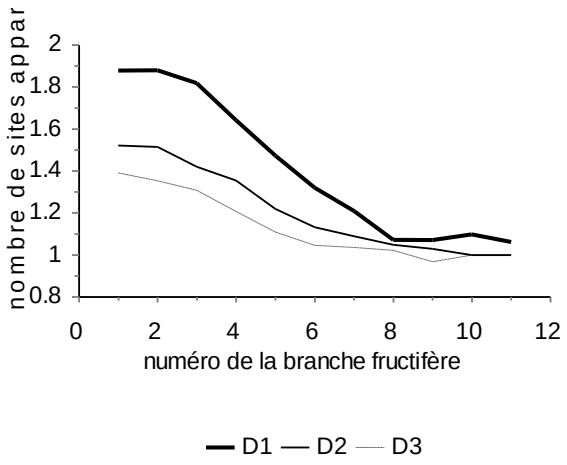


Figure 9 : nombre de sites fructifères par branche fructifère

Tableau 5 : production de sites fructifères par m²

	nombre par m² de sites fructifères sur les branches fructifères		
	1 à 5	6 à 10	11 à 15
D1	61,06 c	23,47	1,18 a
D2	66,91 b	21,98	0,69 ab
D3	84,54 a	19,68	0,14 b
F densité	**74,04**	**3,46**	**4,49**
Signification en %	**0,0**	**7,1**	**4,0**
A	68,03	18,10	0,09
B	66,48	19,42	0,53
C	66,41	18,03	0,42
D	77,45	26,99	1,57
E	70,51	19,49	0,14
F	76,13	28,22	1,27
F protection	**1,09**	**1,15**	**2,01**
Signification en %	**39,1**	**36,1**	**11,2**
F interaction	**0,81**	**0,89**	**1,20**
Signification en %	**62,2**	**55,3**	**31,6**

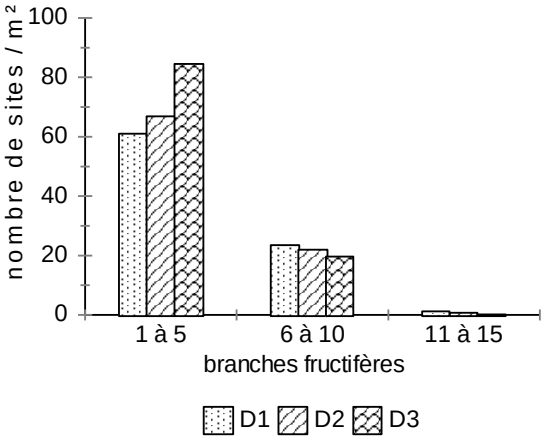


Figure 10 : production de sites fructifères par m²

Un effet significatif en faveur de la faible densité, sans effet de la protection seule ou en interaction, a été noté comme le montre le tableau 6. Cet effet négatif de l'augmentation de la densité sur la taille des cotonniers peut apparaître contradictoire avec des observations antérieures au Mali qui soulignent plutôt une exubérance des cotonniers avec de fortes densités. La date de semis tardive de cet essai a peut être limité les possibilités de développement des plants mais il faut souligner qu'une attention particulière a été accordée au respect des quantités d'engrais apportées par unité de surface quelle que soit la densité de plantation de la parcelle, à l'entretien parfait des parcelles et au respect des quantités d'insecticides employées sur les parcelles traitées (parcelles de 6 lignes pour la plus forte densité afin d'éviter un surdosage du au ralentissement du passage de la personne chargée des traitements au sein de ces parcelles, la technique employée imposant des passages tous les 3 lignes si elles sont espacées de 80 centimètres).

Tableau 6 : hauteur des cotonniers à la récolte

	hauteur en cm
D1	61,9 a
D2	54,2 b
D3	51,8 b
F densité	**10,05**
signification en %	**0,4**
A	54,1
B	50,9
C	55,3
D	61,6
E	52,9
F	61,1
F protection	**1,30**
Signification en %	**29,6**
F densité x protection	**0,60**
Signification en %	**70,0**

L'annexe 7 donne un aperçu complet de la répartition moyenne de la production par m² ramenée à l'échelle d'un plant. En poids, la production provient en majorité de capsules situées sur les premières positions des cinq premières branches fructifères : pour 92,8 % sur l'ensemble de l'essai. Les premières positions des cinq branches fructifères suivantes n'apportent que 1,6 % de la production et les organes fructifères des branches végétatives 1,0 %. Un effet hautement significatif de l'augmentation de la densité est noté (Tableau 7) : plus la densité augmente plus la part de la production provenant des premières positions des cinq premières branches fructifères croît. Il n'y a pas d'effet des différents programmes de protection ni d'interaction significative.

Tableau 7 : % de la production issu des premières positions des cinq premières branches fructifères

	part de la production provenant des premières positions des cinq premières branches fructifères
D1	74,1 b
D2	83,3 a
D3	85,7 a
F densité	**9,57**
Signification en %	**0,5**
A	83,8
B	80,5
C	80,8
D	79,1
E	80,5
F	81,6
F protection	**0,32**
signification en %	**89,4**
F densité x protection	**0,66**
signification en %	**75,5**
transformation	**bliss**

En ce qui concerne les taux de rétention des organes fructifères sur les premiers sites de chaque branche fructifère, l'effet de l'augmentation de la densité est significatif et se traduit

par une diminution des taux de rétention (Tableau 8 et annexe 6). Si on ne note pas de différence significative entre les différents programmes de protection, un contraste met en évidence des taux de rétention significativement plus faibles pour l'objet non traité lorsqu'il est comparé aux autres objets mais uniquement pour les cinq premières branches fructifères (F = 4,82 significatif à 4,0 %). Enfin, aucune interaction significative n'a été mise en évidence.

Aucun effet significatif n'est apparu en ce qui concerne les taux de capsules entièrement saines qu'il s'agisse des densités de plantation , des programmes de protection ou de leur interaction (Tableau 8).

Tableau 8 : taux de rétention et taux de capsules entièrement saines

	Taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des branches fructifères		taux de capsules entièrement saines
	1 à 5	6 à 10	
D1	48,3 a	13,7 a	45,1
D2	44,3 b	8,5 b	43,9
D3	44,8 b	6,1 b	43,4
F densité	**5,71**	**6,94**	**0,23**
signification en %	**2,2**	**1,3**	**79,8**
A	42,3	5,8	37,8
B	44,2	11,1	41,8
C	45,9	11,6	45,6
D	51,2	10,4	48,9
E	45,8	8,7	39,9
F	46,7	9,0	50,8
F protection	**2,06**	**0,37**	**1,89**
signification en %	**10,4**	**86,3**	**13,2**
F densité x protection	**1,23**	**0,85**	**0,92**
signification en %	**29,2**	**58,6**	**52,0**
transformation	**Bliss**	**bliss**	**bliss**

Avec 16,67 plants par m² (D3) la production est de 20 % supérieure à celle obtenue avec la densité recommandée au Développement (8.33 plants par m²). Il n'y a pas d'interaction avec les niveaux de protection et aucun effet significatif de ceux ci sur les performances de production (Tableau 9).

Les résultats de production de D2 qui ne diffèrent pas de ceux de D1 suggèrent que des effets de l'augmentation de la densité de plantation sur la production seront plus facilement obtenus en resserrant les lignes de semis qu'en augmentant la densité de plants sur la ligne.

Tableau 9 : résultats de production en kg/ha

	Rendement en kg/ha
D1	394,5 b
D2	382,8 b
D3	477,6 a
F densité	**7,38**
Signification en %	**0,4**
A	364,8
B	330,6
C	417,3
D	495,0
E	398,8
F	503,2
F protection	**0,65**
Signification en %	**66,6**
F densité x protection	**0,73**
Signification en %	**69,5**

5 Conclusions

Avec les caractéristiques de développement, de fructification et de rétention qui ont été présentées à l'échelle de plants on aurait du s'attendre à des productions plus faibles avec l'augmentation de la densité de plantation. Mais, c'est l'inverse qui fut observé. Cela résulte d'une production de sites fructifères plus importante par unité de surface en ce qui concerne les premières positions des cinq premières branches fructifères malgré une production de sites fructifères par plant significativement plus faible quelle que soit la branche fructifère. Les organes fructifères de ces sites, qui procurent 92,5 % de la production totale pour les parcelles ayant la plus faible densité mais respectivement 98,6 et 99,4 % pour les deux plus fortes densités, ont presque tous fleuri avant le pic d'infestation d' *H. armigera*.

D'autre part, les premières positions des deux premières branches fructifères avec des taux de rétention supérieur à 70 % assurent respectivement 64,0 et 68,4 % de la production totale de capsules entièrement saines pour les deux plus fortes densités contre 52,9 % pour la plus faible densité. Les capsules sur ces sites qui étaient âgées d'au moins 10 jours au moment du pic d'infestation d' *H. armigera* ont échappé à ses attaques comme l'illustre la figure 11. Ainsi, l'augmentation de la densité de plantation peut être considérée comme un élément de la lutte intégrée contre les infestations de chenilles carpophages en fin de campagne pour des semis tardifs.

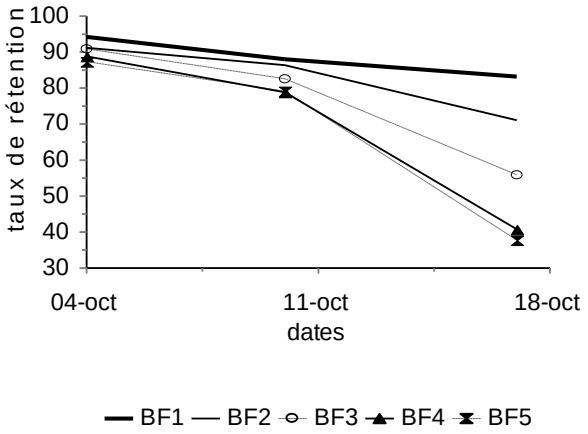


Figure 11 : évolution des taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des cinq premières branches fructifères (moyenne des parcelles de l'essai)

Dans cette étude, les différentes modalités de protection, même en interaction avec la densité de plantation, n'ont pratiquement eu aucun effet sur les caractéristiques observées, en cours de campagne et à la récolte, exception faites de taux de rétention des organes fructifères plus faibles en l'absence de protection insecticide. Cependant, ceux ci ne chutent considérablement qu'après le pic d'infestation d' *H. armigera* que les parcelles soient d'ailleurs protégées ou non (le dernier traitement eut lieu le 25 septembre). En conséquence aucun effet des types de protection n'est apparu dans les performances de production et on peut imaginer qu'une seule intervention sur seuil dirigée contre les chenilles carpophages puisse accompagner favorablement la pratique de fortes densités de plantation pour des semis tardifs.

Cette étude montre que l'accroissement de la densité de plantation permet d'augmenter la production des semis tardifs même en l'absence de protection (+17,6 %). Ce supplément de production résulte d'un nombre plus élevé de premiers sites fructifères formés par unité de surface sur les cinq premières branches fructifères et du fait que les organes fructifères des premières positions des deux premières branches fructifères évitent en grande partie le pic d'infestation d'*H. armigera* de fin de campagne. L'augmentation de la densité de plantation peut être considérée comme un élément de la lutte intégrée contre les chenilles carpophages pour des semis tardifs. Elle sera peut être difficile à faire appliquer par les paysans maliens qui ne respectent déjà pas la densité de plantation recommandée, mais elle constitue une solution peu coûteuse qui mérite qu'on lui accorde de l'intérêt.

L'augmentation de rendement obtenue dans cette étude par une augmentation de la densité de plantation est conforme aux résultats de Siddig (1998) à propos de l'effet du resserrement des lignes et l'absence d'effet du resserrement des poquets sur la ligne. Plus généralement ce résultat rejoint également ceux de Bridge and al (1975), Buxton and al (1977) et Kirk and al (1981) au sujet de l'effet du resserrement des lignes. L'ensemble des résultats concernant l'influence de la densité sur les paramètres de développement et de fructification des plants sont aussi conformes à ceux mentionnés dans la littérature (Anastassiou and Sotiriadis, 1984) qu'il s'agisse de la production par plant, de la croissance, des taux de rétention, etc...

Cependant bien qu'ils soient également en accord avec ceux d'Andries and al (1971), ces résultats iraient à l 'encontre de ceux d'autres chercheurs (Niles, 1970 ; Ray, 1970 ; Gutstein, 1973 ; Heitholt and al, 1992 ; Fernandez, 1998 ; Siddig, 1998) dans la mesure où à la

variété utilisée NTA 88 – 6 n'a pas de feuille okra et n'a pas été sélectionnée pour de telles densités de plantation.

En perspective plusieurs axes de recherche apparaissent en liaison avec la pratique de fortes densité de plantation : sélectionner des cultivars mieux adaptés que la variété NTA 88 – 6, identifier des caractères variétaux pour ce type de pratique (précocité, port, etc), déterminer la période de semis pour laquelle un effet positif peut toujours être noté, vérifier l'intérêt d'un seul traitement sur seuil contre les chenilles carpophages dans le cas de semis tardifs et associer cette pratique à d'autres pratiques culturales qui pourraient augmenter la rétention des organes fructifères (régulateur de croissance, etc).

Bibliographie

Anastassiou L. S. and Sotiriadis S.E. 1984. Effect of plant population and spacing on cotton. I. Plant characters/density relationship and production stability. Coton et Fibres Tropicales, 39, 2, 15 - 24

Andries J.A., Douglas A.G. and Albritton R.C. 1971 Performance of normal, okra and superokra leaf types in three row widths. *In* J.M. Brown (ed.) Proceedings Beltwide Cotton Production Research Conference, Atlanta, G.A. 11 –12 January, Natl. Cotton Council of America, Memphis, TN.

Bridge R.R, Chism J.F. and Tupper G.R. 1975. The influence of row spacing on cotton variety performance. Miss. Agric. For. Exp. Stn. Bul. 816

Buxton D.R., Briggs R.E., Patterson L.S. and Watkins S.D. 1977. Canopy characteristics of narrow row cotton as influenced by plant density. Agronomy Journal 69, 929 – 933

Fernadez C.J. 1998 Performance of two stripper cotton cultivars planted three ultra narrow row spacings. Proceedings of the World Cotton Conference 2, Athens, Greece, September 6 – 12, 408 - 409

Gutstein Y. 1973. The type of relationship between plant density and reproductive yield of cotton in a subtropical environment. *Plantarium et Materiae Vegetabiles*, 22, 149 - 169

Heitholt J.J., Pettigrew W.T. and Meredith W.R. Jr. 1992 Light interception and lint yield of narrow-row cotton. Crop Science 32, 728 - 733

Kirk I.W., Carter L.M., Bragg C.K., Curley R.G. and McCutcheon O.D. 1981 Production and processing performance of a narrow row stripped cotton in the irrigated west. USDA-SEA, marketing research report 1118, Science and Education Administration, DC.

Niles G.A. 1970 Development of plant types with special adaptation in narrow row culture. *In* Proceedings of Beltwide Cotton Production and Research Conference, J.M Brown (Ed.) Natl. Cotton Council, Memphis TN., 63

Ray L.L. 1970. Breeding cotton varieties for narrow row production. *In* Proceedings of Beltwide Cotton Production and Research Conference, J.M Brown (Ed.) Natl. Cotton Council, Memphis TN., 57

Siddig K.El 1998 Sudac K, a cultivar for narrow row cultivation in the Sudan Gezira. Proceedings of the World Cotton Conference 2, Athens, Greece, September 6 – 12, 368 – 372

annexe 1 : nombre de nœuds sur la tige principale

	19/09	27/09	4/10	10/10	17/10
D1	12,80 a	13,86 a	14,68 a	15,39 a	16,39 a
D2	12,45 b	13,49 b	14,13 b	14,58 b	15,69 b
D3	12,23 b	12,98 c	13,34 c	13,91 c	15,08 c
F densité	**8,37**	**16,2**	**37,25**	**34,23**	**29,10**
signification en %	**0,7**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
A	12,34	13,39	13,70	14,28 ab	15,31
B	11,91	12,73	13,73	14,34 ab	15,32
C	12,43	13,28	13,79	14,11 b	15,46
D	13,36	14,43	14,68	15,61 a	16,70
E	12,36	13,18	14,06	14,41 ab	15,49
F	12,56	13,66	14,35	15,02 ab	16,03
F protection	**2,19**	**1,50**	**1,26**	**3,02**	**1,41**
signification en %	**8,7**	**22,4**	**31,4**	**2,9**	**25,4**
F densité x protection	**0,8**	**0,31**	**0,40**	**1,08**	**0,68**
Signification en %	**63,2**	**97,4**	**93,8**	**39,8**	**74,1**

annexe 2 : niveaux de floraison

	4/10	10/10
D1	3,00	5,28 a
D2	2,75	4,72 b
D3	2,76	4,67 b
F densité	**2,90**	**25,88**
signification en %	**10,0**	**0,0**
A	2,61	4,79
B	2,60	4,65
C	2,81	4,67
D	3,13	5,40
E	2,87	4,83
F	2,99	5,01
F protection	**0,98**	**1,57**
signification en %	**45,0**	**20,5**
F densité x protection	**0,62**	**1,25**
Signification en %	**78,9**	**28,2**

annexe 3 : NAWF (number of nodes above white flower)

	4/10	10/10	16/10
D1	6,50 a	4,61 a	3,7 a
D2	5,69 b	4,18 b	3,8 a
D3	5,23 b	3,63 c	3,3 b
F densité	**17,38**	**24,37**	**11,69**
signification en %	**0,0**	**0,0**	**0,2**
A	5,26	3,78	3,3
B	5,83	4,18	3,7
C	5,69	3,86	3,5
D	6,09	4,48	3,6
E	5,75	4,07	3,7
F	6,23	4,49	3,8
F protection	**1,22**	**2,02**	**1,71**
signification en %	**32,8**	**11,0**	**16,8**
F densité x protection	**0,95**	**0,56**	**1,20**
Signification en %	**49,8**	**84,1**	**31,7**

annexe 4 : taux de rétention sur les premières positions
des branches fructifères 1 à 5

	19/09	27/09	4/10	10/10	17/10
D1	82,95	77,67	74,71	66,79	52,3 a
D2	82,88	76,50	75,13	66,74	50,7 a
D3	90,92	77,03	71,70	65,84	46,0 b
F densité	**0,62**	**0,20**	**1,82**	**0,27**	**8,63**
Signification en %	**56,0**	**82,0**	**21,2**	**76,9**	**0,6**
A	78,35	72,41	67,36 b	61,20 b	43,9 b
B	83,44	77,55	75,16 a	66,61 ab	50,5 ab
C	84,05	78,86	74,76 a	65,29 ab	46,9 ab
D	83,26	78,67	75,66 a	70,16 a	54,8 a
E	81,72	78,86	75,76 a	68,60 a	49,6 ab
F	82,67	76,07	74,39 a	66,89 ab	52,5 ab
F protection	**1,06**	**1,69**	**3,75**	**4,35**	**2,91**
signification en %	**40,6**	**17,2**	**1,1**	**0,6**	**3,3**
F densité x protection	**1,24**	**0,71**	**0,97**	**0,90**	**1,92**
signification	**28,8**	**71,2**	**48,4**	**53,6**	**6,4**
Moyenne non traités		74,2	67,36	61,20	43,90
Moyenne traités		78,5	75,15	65,57	50,84
Signification en %		**1,7**	**0,0**	**0,1**	**1,0**
Transformation	**Bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**	**bliss**

annexe 5 : taux de rétention sur les premières positions
des branches fructifères 6 à 10

	4/10	10/10	17/10
D1	74,34	61,75	38,4 a
D2	66,28	60,56	33,1 b
D3	68,85	59,04	28,7 c
F densité	**1,08**	**0,50**	**16,26**
signification en %	**37,7**	**62,6**	**0,1**
A	57,24 b	53,13	26,0
B	65,70 ab	58,55	37,7
C	68,17 ab	60,61	29,5
D	78,01a	63,61	32,6
E	73,82 ab	64,44	34,1
F	68,00 ab	62,36	40,4
F protection	**2,86**	**2,08**	**1,91**
signification en %	**3,5**	**10,1**	**12,8**
F densité x protection	**0,56**	**0,88**	**0,69**
Signification en %	**84,1**	**55,8**	**73,0**
Moyenne des non traités	57,24	53,13	26,00
Moyenne des traités	70,74	61,91	34,86
Signification en %	**0,7**	**1,0**	**4,2**
Transformation	**bliss**	**bliss**	**bliss**

D1

				position		
3	**2**	**1**	**BF**	**1**	**2**	**3**
			15			
			14			
			13	0,0		
		0,0	**12**			
			11	0,0		
	0,0	0,0	**10**			
			9	5,4	0,0	
0,0	9,1	10,2	**8**			
			7	8,0	5,6	0,0
0,0	3,0	11,9	**6**			
			5	23,5	9,6	0,0
0,0	8,9	36,2	**4**			
			3	57,4	13,6	2,5
2,1	20,7	78,0	**2**			
			1	77,5	21,7	4,4

D2

	position				position	
3	**2,0**	**1,0**	**BF**	**1**	**2**	**3**
			15			
			14			
			13			
		0,0	**12**			
			11	0,0		
		0,0	**10**			
			9	0,0	0,0	
	0,0	8,4	**8**			
			7	5,9	0,0	
100,0	0,0	6,5	**6**			
			5	15,3	3,9	0,0
0,0	4,5	26,9	**4**			
			3	50,0	9,6	0,0
6,3	10,2	71,4	**2**			
			1	72,0	12,2	11,1

D3

	position				position	
3	**2,0**	**1,0**	**BF**	**1**	**2**	**3**
			15			
			14			
			13			
			12			
			11	0,0		
		0,0	**10**			
			9	0,0	0,0	
	0,0	2,1	**8**			
			7	6,7	0,0	
	5,6	6,4	**6**			
			5	12,1	0,0	
0,0	1,4	23,0	**4**			
			3	50,2	4,6	0,0
0,0	6,0	76,5	**2**			
			1	74,4	11,3	18,2

annexe 6 : taux de rétention des organes fructifères

	position				position	
3	2	1	BF	1	2	3
			15			
			14			
			13			
			12			
			11			
			10			
			9			
		0,1	8			
			7	0,2		
		0,3	6			
			5	0,7	0,1	
	0,2	1,2	4			
			3	2,3	0,2	
	0,5	3,3	2			
			1	3,9	0,6	
			D1			
	total		13,6			

	position				position	
3	2	1	BF	1	2	3
			15			
			14			
			13			
			12			
			11			
			10			
			9			
		0,1	8			
			7	0,1		
		0,2	6			
			5	0,5		
		1,0	4			
			3	2,5	0,2	
	0,1	3,6	2			
			1	5,3	0,4	
			D2			
			13,9			

	position				position	
3	2	1	BF	1	2	3
			15			
			14			
			13			
			12			
			11			
			10			
			9			
			8			
			7	0,2		
		0,3	6			
			5	0,6		
		1,4	4			
			3	2,5	0,1	
		4,8	2			
			1	6,9	0,2	
			D3			
			17,1			

annexe 7 : nombre de capsules entièrement saines par m²

ETUDES ET OBSERVATIONS DIVERSES

1 Analyses de la répartition de la production à l'échelle du plant

Dans la plupart des essais mis en place au cours de la campagne 2001 (sous stations de Farako et de Kébila), des études portant sur la répartition de la production à l'échelle du plant ont été conduites en fin de campagne. Le protocole identique sur chaque essai a été le suivant : la récolte de la production des plants présents sur des tronçons de ligne (de longueur variable en fonction de l'essai) a distingué les productions des branches végétatives, celles des premières positions des branches fructifères 1 à 5, 6 à 10 et 11 à 15 et le reste de la production de ces plants,

Les résultats de ces études (tableau 1) montrent le peu d'importance des productions des branches végétatives, des positions sur les branches fructifères au delà de la première de chaque branche et des premières positions des branches fructifères au delà de la 10^{ième,} branche fructifère. Par contre en fonction de la date de semis, on note une plus ou moins grande importance des productions situées sur les premières positions des cinq premières branches fructifères.

Tableau 1 : part (en %) de la production issue de différentes positions sur le plant

Semis	premières positions des branches fructifères			autres positions sur les branches fructifères	branches végétatives	lieu	essai
	1 à 5	6 à 10	11 à 15				
20 juin	59,4	20,8	0,1	11,9	7,8	Farako	mécanisme résistance
20 juin	50,4	28,2	3,1	12,6	5,7	Farako	nouvelles molécules
21 juin	51,5	24,0	2,1	14,8	7,6	Farako	seuils
19 juillet	92,8	1,6	0,0	4,6	1,0	Kébila	densité protection

Ces résultats dépendent certainement de la variété NTA 88 – 6 qui fut utilisée dans tous les essais. Mais, on peut s'interroger sur l'intérêt de produire plus de 10 branches fructifères par cotonnier au Mali pour des semis réalisés au plus tôt le 20 juin compte tenu de toutes les pratiques culturales actuelles. Il apparaît donc intéressant de conduire en liaison avec des dates de semis différentes des études sur l'étêtage des cotonniers qui pourrait renforcer les taux de rétention des organes fructifères et réduire les pontes d' *Helicoverpa armigera* (Hübner).

2 Apparition de la première branche fructifère

Que ce soit en milieu contrôlé ou en milieu réel, le numéro du nœud de la première branche fructifère semble élevé quelle que soit la région même si il semble que cette caractéristique croisse de Fana à Sikasso en passant par Koutiala (tableau 2). En raison de l'importance des premières positions fructifères sur la production, on doit s'interroger sur l'intérêt agronomique au Mali que pourraient présenter des variétés qui débutent leur cycle productif plus tôt (apparition de la première branche fructifère). Toutefois, un début de cycle productif plus précoce pourrait ne pas être sans conséquence sur les caractéristiques technologiques de la fibre et il conviendrait alors de s'en assurer.

Tableau 2 : numéro du nœud de la première branche fructifère

origines des données	lieu ou essai	numéro du noeud de la première branche fructifère
Kébila		5,7
Farako	mécanisme de résistance	7,0
Farako	nouvelles molécules	6,8
Villages seuil	Marobougou	5,8
Villages seuil	Torosso	6,4
Villages seuil	Kolokodéni	7,0
Villages seuil	Zoloko	6,3
Villages seuil	Yangassou	6,7

3 Etude à propos du Gombo comme plante piège

Cette étude a été conduite par Mamoutou Togola sur la sous station de Farako et les résultats complets figureront dans son rapport d'activités. Les parcelles de cotonniers comprenaient 20 lignes de 20 mètres et étaient séparées par 2 lignes de 20 mètres semées avec du gombo. L'écartement entre les lignes était le même : 0,8 mètre. Cette étude fut conduite sans protection insecticide. Sur une parcelle de cotonniers semée au cours de la deuxième décade de juin, un examen de 25 plants par ligne a été effectué le 23 septembre. Cet examen a consisté en l'enregistrement des organes fructifères présents sur les premières positions des 15 premières branches fructifères. La figure 1 montre les variations des taux de rétention sur les premières positions des branches fructifères 1 à 5, 6 à 10 et 11 à 15 en fonction de l'éloignement de la ligne de cotonniers par rapport aux lignes de gombo,

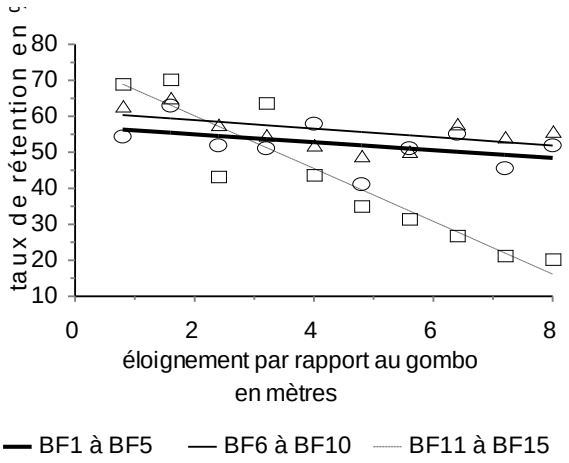


Figure 1 : variations des taux de rétention des organes fructifères en fonction de l'éloignement de la ligne de cotonniers par rapport aux lignes de gombo

Plus on s'éloigne des lignes de gombos plus les taux de rétention chutent. Cela est surtout marqué pour les premières positions des branches fructifères de la 11ième à la 15ième mais s'observe également pour les premières positions des branches fructifères apparues plus tôt. Il est très probable que ces résultats soient dus à un détournement d'éléments de l'entomofaune déprédatrice du cotonnier par les lignes de gombo. Parmi ces éléments doit figurer *H*, *armigera* mais d'autres ravageurs sont peut être en cause (par exemple les mirides qui abondent à Farako).

L'effet plus marqué sur les branches fructifères de la 11ième à la 15ième devrait pouvoir être relié à un stade phénologique plus attractif du gombo vis-à-vis des ravageurs du cotonnier. Il

pourrait être intéressant de le préciser afin d'envisager d'autres études sur l'utilisation du gombo comme plante piège.

4 Les mirides à Farako

Au cours d'une visite à la fin août sur la sous station de Farako, on a pu constater que de nombreux plants présentaient des dégâts foliaires de mirides (feuilles en lambeaux) sur le bouquet terminal. Selon la grille de cotation donnée par Coaker (1957), les dégâts observés pouvaient être considérés comme sévères. Suite à cette observation, une estimation du pourcentage de plants atteints par ces dégâts a été réalisée dans chaque essai au début du mois de septembre. Dans chaque essai l'étude porta sur une centaine de plants sélectionnés dans une parcelle prise au hasard, Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : importance des dégâts de mirides à Farako

essai	Taux de plants avec des dégâts foliaires de mirides
essai sur les seuils d'intervention	26 %
essai sur les mécanismes de résistance	14 %
essai de nouvelles molécules	31 %
essai gombo plante piège	
semis deuxième décade de juin	12 %
semis première décade de juillet	3 %

Au regard de ces taux, les mirides doivent donc être considérés comme des ravageurs importants de la culture cotonnière à Farako et plus généralement dans la région de Sikasso comme nous avons pu le constater lors des diagnostics agronomiques effectués dans les villages ayant entrepris des interventions sur seuil. En effet, ces ravageurs ne provoquent pas uniquement des dégâts foliaires, Ils sont aussi responsables de la chute de boutons floraux (Mauney and Hennberry, 1979 ; Livy Williams and al, 1987) et peuvent ainsi avoir une incidence sur la production. On a d'ailleurs souligné que les taux de rétention des organes fructifères sur les premières positions des 5 premières branches fructifères étaient plus bas dans la région de Sikasso que dans la région de Koutiala et les populations de mirides en sont peut être responsables car ils sont plus abondants dans la première de ces deux régions.

5 Intérêt de monitorings en cours de campagne

En raison d'acquisitions de résistance aux pyréthrinoïdes dans les populations d' *H. armigera*, des programmes de protection comprenant plusieurs fenêtres (deux ou trois) ont été mis en place pour restreindre la période d'utilisation de ces matières actives au cours d'une campagne. Dans les études entreprises par le projet 2 du programme coton de l'IER, ce principe est mis en œuvre. Pour mieux interpréter les résultats de ces études, il peut apparaître intéressant de faire un bilan au terme de chaque fenêtre. C'est ce que nous avons entrepris au sein de deux études conduites sur la sous station de Farako : étude sur les mécanismes de résistance et étude de nouvelles molécules.

Les protocoles de ces deux études sont brièvement donnés dans les tableaux qui suivent (tableaux 4 et 5).

Tableau 4 : étude sur les mécanismes de résistance

Fenêtre	Traitements	programmes de protection comparés			
		A	B	C	D
1	1 et 2	Endo 500	Endo 500	Endo 500	Dursban B
2	3 et 4	Dursban B	Avaunt	Laser	Avaunt
3	5 et 6	Dursban B	Dursban B	Dursban B	Dursban B

Tableau 5 : étude de nouvelles molécules

Programme	Fenêtres et traitements		
	1 T1 et T2	2 T3 et T4	3 T5 et T6
A	Endo 500	Binaire vulgarisé	binaire vulgarisé
B	Endo 500	Curacron K 215 EC	curacron K 215 EC
C	Endo 500	Curacron K 165 EC	curacron K 165 EC
D	Endo 500	amiral 165	amiral 165
E	Endo 500	samouraï P 346 EC	samouraï P 346 EC
F	Endo 500	spiner P 358	spiner P 358

Au terme de chaque fenêtre, un examen de 10 cotonniers par parcelle élémentaire a été réalisé au sein de chaque étude. Cet examen portait sur l'occupation des premiers sites fructifères de 10 premières branches fructifères. Nos analyses ont porté sur les taux de rétention des organes fructifères, le niveau de floraison, le NAWF et les nombres de capsules présentes sur les premiers sites des branches fructifères examinées.

6 Etude sur les mécanismes de résistance

Au terme de la première fenêtre, soit le 22 septembre (la veille du troisième traitement de l'étude), on ne note pas de différence entre les programmes comparés (tableau 6). Ces résultats n'ont rien de surprenant au regard des trois premiers programmes qui tous ont utilisé de l'endosulfan. Mais même par un contraste opposant les trois premiers programmes au dernier programme (qui utilisa une association pyréthrinoïde organo-phosphoré) aucune différence statistiquement significative n'est apparue.

Tableau 6 : paramètres concernant les cotonniers examinés
au terme de la première fenêtre

programmes	Niveau de floraison	NAWF	taux de rétention en %		nombre de capsules par plant	
			BF1 à BF5	BF6 à BF10	BF1 à BF5	BF6 à BF10
A	11,1	6,6	66,3	72,9	31,0	2,4
B	12,3	6,3	64,9	73,3	33,8	6,2
C	11,1	6,9	71,3	78,2	35,6	6,2
D	11,5	7,0	70,4	71,5	38,0	4,4
F programme	**1,60**	**0,59**	**1,35**	**0,86**	**1,28**	**1,93**
signification en %	**24,0**	**63,3**	**30,5**	**49,2**	**32,6**	**17,7**
moyenne A,B et C	11,5	6,6	67,5	74,8	33,5	4,9
F contraste	**0,01**	**0,77**	**0,88**	**080**	**2,26**	**0,13**
signification en %	**91,8**	**40,2**	**37,1**	**39,3**	**15,6**	**72,8**
transformation			**bliss**	**bliss**		

Au terme de la deuxième fenêtre, seuls les taux de rétention et les nombres de capsules ont pu être analysés. Deux contrastes ont été utilisés : le premier oppose le programme A qui utilisa une association pyréthrinoïde organo-phosphoré à la moyenne des trois autres programmes qui employèrent une alternative aux pyréthrinoïdes et le deuxième contraste

oppose le programme C à la moyenne des objets B et D pour différencier les alternatives utilisées.

Que ce soit au niveau des taux de rétention ou des nombres de capsules, la supériorité des alternatives aux pyréthrinoïdes est démontrée sans qu'aucune différence statistiquement significative ne soit apparue entre les deux alternatives employées (tableau 7).

Tableau 7 : paramètres concernant les cotonniers examinés
au terme de la deuxième fenêtre

programmes	taux de rétention en %		nombre de capsules par plant	
	BF1 à BF5	BF6 à BF10	BF1 à BF5	BF6 à BF10
A	58,1	40,7 b	36,0	20,0 b
B	61,4	53,1 a	38,4	31,0 a
C	65,2	47,8 ab	41,2	26,8 a
D	66,8	50,4 a	41,8	29,0 a
F programme	**2,63**	**4,28**	**2,62**	**5,05**
signification en %	**9,7**	**2,8**	**9,8**	**1,7**
A	58,1 b	40,7 b	36,0 b	20,0 b
moyenne B C et D	64,5 a	50,4 a	40,5 a	28,9 a
F contraste 1	**5,23**	**10,69**	**5,46**	**13,20**
signification en %	**3,9**	**0,7**	**3,6**	**0,3**
moyenne B et D	64,1	54,1	40,1	30,0
C	65,2	47,8	41,2	26,8
F contraste 2	**0,15**	**1,62**	**0,29**	**1,51**
signification en %	**70,4**	**22,6**	**60,3**	**24,2**
transformation	**bliss**	**Bliss**		

7 Etude sur les nouvelles molécules

Au terme de la première fenêtre aucune différence statistiquement significative n'est apparue entre les différents programmes comparés quel que soit le critère analysé. Ce résultat est heureux puisque les 6 programmes ont utilisé de l'endosulfan au cours de la première fenêtre.

Au terme de la deuxième fenêtre, les taux de rétention comme le nombre de capsules sur les premières positions des cinq premières branches fructifères évoluent peu. En conséquence aucune différence n'apparaît entre les objets. Par contre les taux de rétention chutent pour les premières positions des cinq branches fructifères suivantes faisant apparaître un moins bon comportement de la formulation sniper P 358 (tableau 9) qui présente également le plus faible nombre de capsules par plant sur ces positions (non significatif à 5 %).

Tableau 8 : paramètres concernant les cotonniers examinés au terme de la première fenêtre

programmes	Niveau de floraison	NAWF	taux de rétention en %		nombre de capsules par plant	
			BF1 à BF5	BF6 à BF10	BF1 à BF5	BF6 à BF10
A	14,6	4,6	55,9	62,4	33,4	17,2
B	15,1	3,7	58,2	65,9	35,2	23,8
C	14,7	4,6	56,1	65,6	34,2	21,2
D	14,9	3,7	56,2	65,0	33,2	16,8
E	14,9	5,1	55,5	63,4	33,6	25,6
F	14,5	4,3	53,5	58,3	31,8	15,8
F programme	**0,98**	**1,36**	**0,42**	**1,06**	**0,38**	**2,46**
signification en %	**45,6**	**28,1**	**83,3**	**41,2**	**85,4**	**6,8**
Transformation			**Bliss**	**bliss**		

Tableau 9 : paramètres concernant les cotonniers examinés au terme de la deuxième fenêtre

programmes	taux de rétention en %		nombre de capsules par plant	
	BF1 à BF5	BF6 à BF10	BF1 à BF5	BF6 à BF10
A	55,1	47,2 ab	33,6	25,4
B	55,2	49,5 ab	33,6	27,8
C	56,7	48,5 ab	34,8	27,2
D	54,1	45,7 ab	32,6	24,0
E	53,3	52,9 a	32,0	31,4
F	53,2	38,8 b	32,0	19,0
F programme	**0,29**	**2,81**	**0,29**	**2,38**
signification en %	**91,2**	**4,4**	**91,0**	**7,5**
transformation	**bliss**	**Bliss**		

8 Nouvelles exploitations des résultats d'une étude conduite en 2000

Neuf variétés de cotonnier (tableau 10) avaient été comparées dans un dispositif split plot à 3 répétitions avec pour premier facteur la protection phytosanitaire de la culture qui présentait deux niveaux : protection maximale (applications à 7 jours d'intervalle depuis le 30ième jour après la levée) et absence de protection. Les variétés retenues étaient des cultivars en sélection avancée. Un stagiaire de l'IPR de Katibougou (Keita, 2000) a suivi cette étude mais n'a analysé que les résultats des observations effectuées dans les parcelles non traitées (exception faite de la pilosité foliaire).

Tableau 10 : variétés mises en comparaison

Variété
R405-5
NTA 88-6
FK 290
NTA93-12
NTA93-20
NTA93-13
STAM 18 A
NTA93-14
NTA93-7

A partir des moyennes par variété des observations faites dans les parcelles non traitées de cette étude, des coefficients de corrélation significatifs à 5 % indiquent un lien négatif étroit entre la pilosité et les infestations de jassides (figure 2 a et b). La liaison semble plus forte avec la densité de poils par mm² qu'avec la densité de trichomes par mm². Ainsi, la distance entre trichomes serait de moins grande importance pour conférer une résistance aux jassides.

Figure 2 a

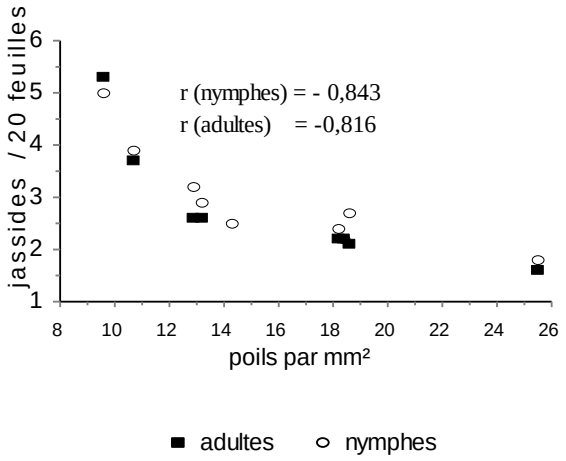


Figure 2 b

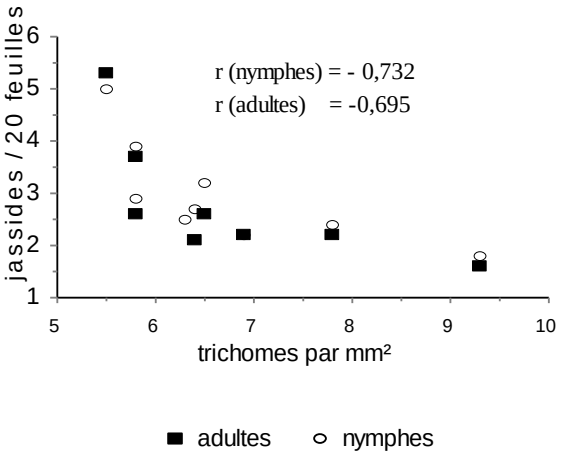


Figure 2 : relation entre la pilosité foliaire et les infestations de jassides ; 2 a avec la densité de poils par mm², 2 b avec la densité de trichomes par mm²

Au regard de ces relations, pour être résistantes aux jassides les cultivars au Mali devraient présenter des feuilles pileuses avec au moins 12 poils par mm² ou 6 trichomes par mm².

Aucune liaison significative à 5 % n'est notée entre les infestations en différents ravageurs (tableau 11) de sorte que la résistance variétale aux jassides n'entraînerait pas au Mali de sensibilité accrue à d'autres ravageurs (*Bemisia tabaci* Gennadius, *Syllepte derogata* Fabricius ou *H. armigera* qui furent les autres ravageurs dénombrés).

Tableau 11 : coefficients de corrélation entre les infestations de ravageurs

	jasside adultes	jasside nymphes	*Bemisia tabaci* nymphes	*Syllepte derogata*	*Helicoverpa armigera*
Jasside adultes	1,000				
Jasside nymphes	**0,974**	1,000			
Bemisia tabaci nymphes	0,383	0,402	1,000		
Syllepte derogata	-0,374	-0,409	0,195	1,000	
Helicoverpa armigera	0,654	0,577	0,389	-0,103	1,000

La liaison significative et positive qui est apparue entre la pilosité foliaire et la production de coton graine (r = 0,811 pour la densité de poils par mm² et r = 0,807 pour la densité de trichomes par mm²) pourrait indiquer un effet des jassides sur la production. Cependant, les coefficients de corrélation entre les infestations de jassides et la production ne sont pas significatifs : r = - 0,524 pour les infestations d'adultes et r = - 0,560 pour les infestations de nymphes). Il est donc peu probable que les jassides aient eu seules une influence sur les niveaux de production en non traité. Par ailleurs la dynamique moyenne des infestations de jassides (Figure 3) montre que les niveaux de populations n'ont jamais été très élevés au cours de la campagne (toujours inférieurs à 1 jasside par feuille).

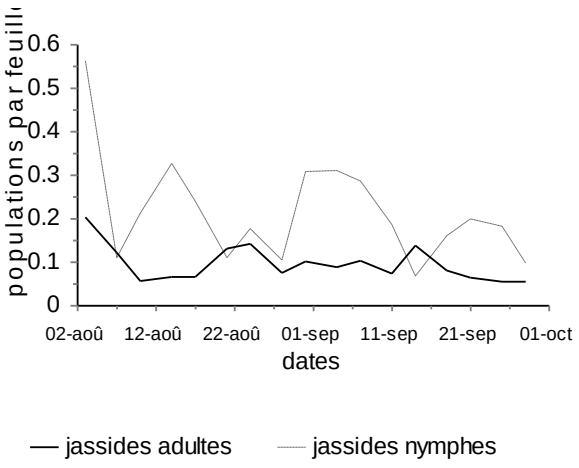


Figure 3 : évolution moyenne des infestations de jassides

La production de coton graine par variété en l'absence de protection phytosanitaire n'est d'autre part liée à aucune autre variable. Par contre le taux de coton jaune par variété est corrélé significativement et de manière positive aux infestations de chenilles d' *H*, *armigera* (r = 0,767). Cette relation n'est toutefois pas surprenante.

A partir des suivis de la floraison et de l'analyse des organes fructifères abscissés un certain nombre de caractéristiques ont été calculées. Leur analyse a ensuite été entreprise et les résultats sont présentés dans les tableaux 12 et 13. Le tableau 12 donne les significations des tests de Fisher par facteur et pour leur interaction. Le tableau 13 donne les résultats des différentes modalités étudiées mais uniquement pour les caractéristiques ayant montré des différences statistiquement significatives avec des classements différents par le test de Newman Keuls à 5 %.

La protection insecticide semblerait retarder le démarrage de la floraison en la groupant plus par la suite. La protection augmenterait également la rétention des organes fructifères formés, cet effet ne se manifestant significativement que pour les boutons floraux. Parmi les variétés comparées, deux (FK290 et R405-5) semblent bénéficier le mieux de la protection insecticide au niveau des taux de rétention des organes fructifères mais cela n'apparaît de façon significatif que pour la première. En non traité les variétés FK290, R405-5 et STAM 18A apparaissent les plus précoces pour le démarrage de la floraison mais cela n'est significatif que pour la première variété. A l'inverse, la variété NTA 93 12 semble la plus tardive (environ 9 jours de différence) dans les mêmes conditions mais il n'y a plus de différence lorsqu'une protection est assurée. Enfin par rapport à la date de semis, le début de floraison a été noté entre 55 et 64 jours plus tard suivant les parcelles de l'essai ce qui semble tardif.

La conséquence de ces observations est que les études variétales qui pourraient ultérieurement être conduites dans le domaine phytosanitaire ne peuvent reposer uniquement sur les variétés disponibles actuellement au Mali car elle n'offrent pas une variabilité suffisante dans ces caractéristiques de la floraison.

Tableau 12 : signification des F de Student calculés dans les analyses statistiques des caractéristiques de floraison et de rétention des organes fructifères

	signification des F calculés en %		
	Protection	variété	interaction
Floraison cumulée	41,53	29,11	74,08
Date de début de floraison	8,38	7,04	3 ,40
Volume maximal de floraison journalière	66,52	71,84	32,30
Date au volume maximal de floraison journalière	30,55	38,71	28,42
Durée début et volume maximal de floraison journalière	40,20	37,88	74,27
Date au moment où 25 % de la floraison a été formée	0,47	56,49	0,93
Date au moment où 50 % de la floraison a été formé	20,01	37,32	66,95
Date au moment où 75 % de la floraison a été formé	45,78	56,98	93,31
Durée pour avoir 25 % des fleurs	76,26	16,28	14 ,24
Durée pour avoir 50 % des fleurs	15,20	15,73	8,82
Durée pour avoir 75 % des fleurs	8,23	65,76	3,57
Durée entre 25 et 75 % de fleurs formées	10,18	66,23	0,28
Organes fructifères totaux formés	35,32	21,48	83,27
Rétention par rapport aux sites formés	16,59	90,39	0,05
Rétention par rapport aux fleurs apparues	20,08	86,90	1,03
Rétention des boutons	4,15	87,26	1,47

Tableau 13 : résultats concernant quelques caractéristiques déduites des suivis de floraison et d'abscission

		date au début floraison		date à 25 % de floraison		temps entre 25 % et 75 % de floraison		taux de rétention total		taux de rétention des boutons floraux	
Non traité	FK 290	31-july	b	14-aoû	b	22,3	a	64,6	b	75,7	b
Non traité	NTA 88-6	03-aoû	ab	20-aoû	ab	16,3	ab	69,0	ab	80,5	ab
Non traité	NTA93-12	09-aoû	a	23-aoû	a	13,3	ab	70,9	ab	79,9	ab
Non traité	NTA93-13	03-aoû	ab	22-aoû	a	15,3	ab	73,6	ab	80,5	ab
Non traité	NTA93-14	03-aoû	ab	20-aoû	ab	15,0	ab	70,8	ab	80,0	ab
Non traité	NTA93-20	03-aoû	ab	20-aoû	a	14,0	ab	74,6	ab	81,0	ab
Non traité	NTA93-7	04-aoû	ab	21-aoû	a	16,0	ab	72,4	ab	81,2	ab
Non traité	R405-5	01-aoû	ab	19-aoû	ab	16,0	ab	65,9	ab	76,4	ab
Non traité	STAM 18 A	01-aoû	ab	20-aoû	ab	14,0	ab	71,6	ab	79,1	ab
Traité	FK 290	07-aoû	ab	24-aoû	a	10,3	b	76,8	a	82,2	a
Traité	NTA 88-6	08-aoû	ab	22-aoû	a	14,0	ab	72,5	ab	79,5	ab
Traité	NTA93-12	05-aoû	ab	21-aoû	a	14,7	ab	72,7	ab	80,9	ab
Traité	NTA93-13	04-aoû	ab	21-aoû	a	13,3	ab	70,9	ab	78,9	ab
Traité	NTA93-14	03-aoû	ab	20-aoû	ab	15,7	ab	72,3	ab	80,5	ab
Traité	NTA93-20	02-aoû	ab	20-aoû	a	14,0	ab	69,6	ab	78,4	ab
Traité	NTA93-7	05-aoû	ab	20-aoû	ab	15,7	ab	71,4	ab	79,4	ab
Traité	R405-5	04-aoû	ab	22-aoû	a	12,7	b	74,2	ab	81,0	ab
Traité	STAM 18 A	04-aoû	ab	20-aoû	ab	14,0	ab	69,5	ab	79,7	ab
Non traité		03-aoû		20-aoû	b	15,8		70,4		79,4	b
Traité		04-aoû		21-aoû	a	13,8		73,2		80,1	a
Transformation								**bliss**		**bliss**	

Les résultats des analyses sanitaires à maturité ne révèlent que des effets positifs et significatifs de la protection phytosanitaire sans interaction avec les variétés comparées (tableau 14).

Tableau 14 : résultats des analyses sanitaires à maturité

	% de capsules saines	% de capsules pourries	% de capsules avec quartiers d'orange
non traité	58,15 b	17,09	25,91 b
traité	67,01 a	12,87	18,58 a
F protection	**42,14**	**5,75**	**223,49**
signification en %	**1,9**	**13,9**	**0,3**
F variété	**0,44**	**0,66**	**0,47**
signification en %	**88,8**	**71,9**	**86,9**
F interaction	**1,15**	**0,43**	**1,05**
signification en %	**36,0**	**89,5**	**42,4**
transformation	**Bliss**	**bliss**	**bliss**

Les variables « production de coton graine en kg/ha » et « taux de coton jaune en % » (avec la transformation de Bliss) ont été ensuite analysées. Les résultats sont donnés dans le tableau 15. Dans cet essai variétal, les ravageurs ont eu une incidence de 44,3 % sur la production de coton-graine. Cette valeur qui est élevée pour le Mali pourrait résulter d'un semis plus tardif que la normale. En ce qui concerne le taux de coton-jaune, des différences variétales n'apparaissent qu'en l'absence de protection insecticide avec une interaction significative : certaines variété bénéficient donc mieux que d'autres de la protection insecticide.

Tableau 15 : résultats concernant les récoltes

	Rendement en kg/ha	Taux de coton jaune en %
Non traité	669,11 b	14,22 b
Traité	1200,24 a	4,33 a
F protection	**535,24**	**1599,52**
Signification en %	**0,1**	**0,0**
FK290	917,20	9,94 ab
NTA 88 – 6	1040,12	9,30 ab
NTA 93 – 13	936,48	7,43 a
NTA 93 – 12	900,53	9,88 ab
NTA 93 – 14	937,53	9,26 ab
NTA 93 – 20	970,32	8,41 ab
NTA 93 – 7	916,15	11,24 b
R 405-5	925,02	9,36 ab
STAM 18 A	868,75	8,64 ab
F variété	**0,86**	**6,92**
Signification en %	**56,4**	**3,0**
	sans protection	
FK290	644,80	16,13 bc
NTA 88 – 6	772,93	14,08 bc
NTA 93 – 13	675,03	10,12 a
NTA 93 – 12	654,17	14,95 bc
NTA 93 – 14	622,97	14,84 bc
NTA 93 – 20	625,00	14,02 bc
NTA 97 – 7	622,93	17,19 c
R 405-5	802,10	12,15 ab
STAM 18 A	602,07	13,85 bc
	avec protection	
FK290	1189,60	3,75 a
NTA 88 – 6	1307,30	4,52 a
NTA 93 – 13	1197,93	4,74 a
NTA 93 – 12	1146,90	4,81 a
NTA 93 – 14	1252,10	3,67 a
NTA 93 – 20	1315,63	2,81 a
NTA 93 – 7	1209,37	4,68 a
R 405-5	1047,93	6,56 a
STAM 18 A	1135,43	3,42 a
F interaction	**1,39**	**4,06**
Signification en %	**23,8**	**0,2**
Transformation		**Bliss**

9 Etude variétale conduite en inter-campagne 2001/2002

En raison d'une arrivée tardive au Mali, cette étude n'a pu être implantée qu'en inter-campagne (semis début février 2002). Elle concerna huit cultivars fournis par le CIRAD (Tableau 16) qui furent comparés à la variété NTA 88 6. Le dispositif statistique adopté fut celui des blocs de Fisher à 10 répétitions, la parcelle élémentaire étant limitée à un poquet. L'essai comprenait alors 10 lignes de 9 poquets espacés de 2 mètres et les lignes étaient distantes de 2 mètres.

Tableau 16 : variétés en provenance du CIRAD

variétés	origine
SLD1	CRI
ASO711	GLP
AS0749	GLP
AS0653	YVC
AS0746	GLP
GP15	CRI
DH1	BRA
AS0720	GLP

Les observations ont concerné uniquement les ravageurs piqueurs suceurs suivants : les jassides, les mirides, les aleurodes (adultes), les pucerons et les thrips. Deux types d'observations ont été pratiqués :

observations sous cage : toutes les semaines du 4 mars au 20 mai, les cotonniers de chaque poquet étaient coiffés par une cage sans fond aux dimensions suivantes : 50 cm x 50 cm x 50 cm. L'intérieur de la cage était peint en noir et sa partie supérieure était couverte d'une vitre. Après quelques minutes (3 minutes) les insectes ayant migré vers la partie supérieure de la cage étaient dénombrés par poquet.

observations de feuilles marquées : toutes les semaines à partir du 5 mars et durant 5 semaines sur un cotonnier sélectionné par poquet une feuille émergeant sur la tige principale était marquée. Pour différencier les semaines de marquage un brin de laine de couleur différente chaque semaine était utilisé. Chaque feuille marquée de chaque poquet était alors observée deux fois par semaine à compter de la semaine qui suivait son marquage et pendant 5 semaines. Les insectes présents y étaient alors dénombrés.

En raison d'une très mauvaise levée des semences de certaines variétés (en particulier les variétés AS 0653 et AS 0746), aucune exploitation statistique des résultats obtenus n'a été possible. Avec l'utilisation de la cage les ravageurs observés les plus nombreux furent les aleurodes adultes alors que les dénombrements sur feuilles marquées concernèrent plus les pucerons aptères. Les dynamiques d'infestations en adultes de certaines espèces (aleurodes, jassides et mirides) sont présentées dans les figures 4 à 6 et les évolutions des infestations de pucerons, de jassides, de thrips et d'aleurodes par feuille en fonction de leur âge sont données dans les figures 7a et 7b.

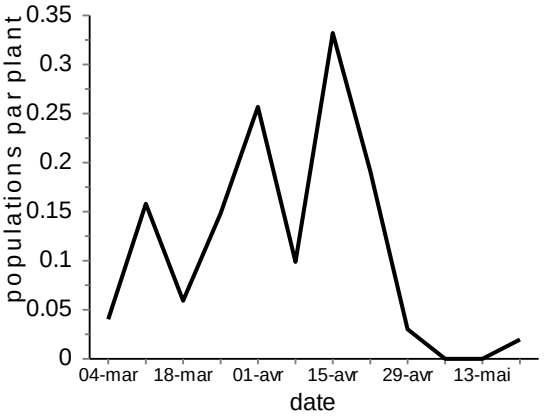


Figure 4 : dynamique des aleurodes

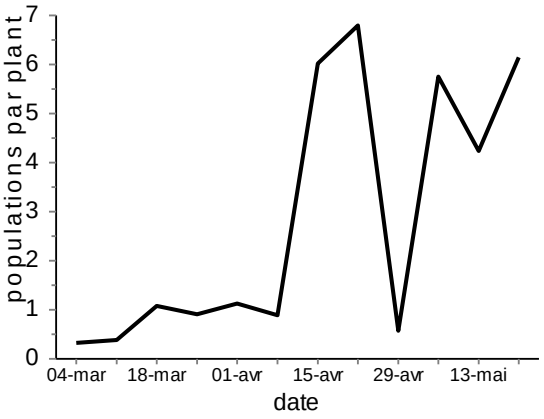


Figure 5 : dynamique des jassides

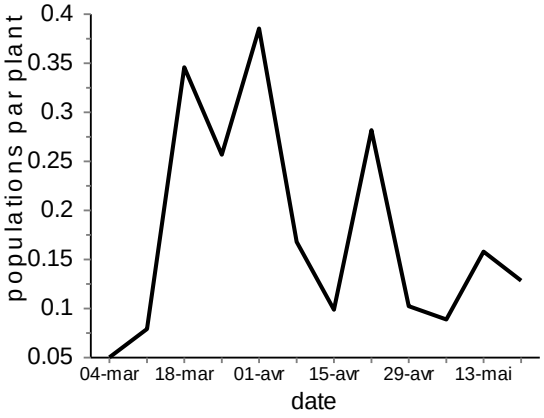
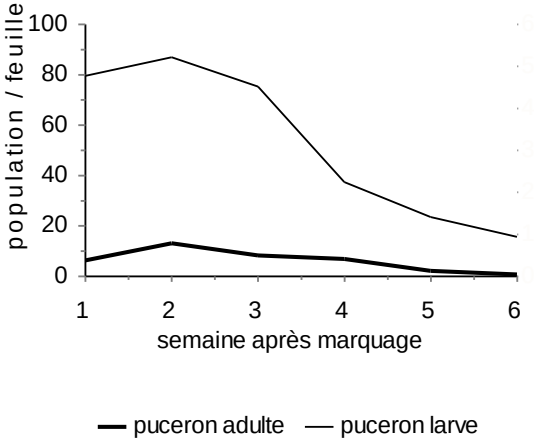


Figure 6 : dynamique des mirides



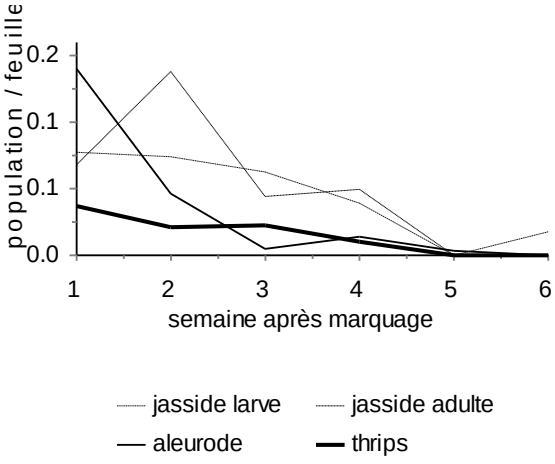


Figure 7 a Figure 7b

Figure 7 : infestations de certaines espèces en fonction de l'âge de la feuille

Pour les différents ravageurs considérés, il semble préférable de sélectionner des feuilles au plus âgées de deux semaines car leurs infestations y sont les plus élevées.

Malgré l'absence d'exploitation statistique, certaines tendances peuvent être dégagées concernant les comportements des variétés. Dans les dénombrements de populations de ravageurs adultes avec la cage, seules les variétés DH1 et GP15 semblent présenter un intérêt par rapport à la variété vulgarisée en ce qui concerne les mirides et les jassides. A un moindre degré la variété SLD1 pourrait être retenue (Tableau 17).

Tableau 17 : dénombrements de ravageurs avec la cage

	infestations cumulées par plant		
	aleurode	Jasside	miride
SLD1	30.7	1.8	1.6
ASO711	45.8	2.7	1.6
AS0749	44.0	3.2	1.5
AS0653	49.8	2.7	1.9
AS0746	56.0	5.3	2.3
GP15	29.6	1.8	0.9
DH1	32.0	1.5	1.0
AS0720	50.1	3.4	2.1
NTA 88 - 6	32.6	2.3	1.2

Au regard des infestations moyennes observées sur feuilles marquées, les résultats des variétés GP15 et DH1 sont confirmés à propos des jassides et à un moindre degré des aleurodes mais seule la variété GP15 mériterait d'être retenue dans les conditions du Mali si on considère les infestations de pucerons (Tableau 18).

Tableau 18 : infestations moyennes en ravageurs par feuille marquée

	population moyenne par feuille et par observation					
	aleurode	jasside		puceron		Thrips
		adultes	larves	adultes	larves	
SLD1	0.05	0.05	0.05	1.31	8.92	0.02
ASO711	0.05	0.22	0.08	0.31	5.15	0.03
AS0749	0.07	0.05	0.04	0.21	2.10	0.03
AS0653	0.03	0.03	0.05	1.70	12.34	0.02
AS0746	0.04	0.01	0.04	0.08	1.19	0.02
GP15	0.03	0.04	0.05	0.07	0.64	0.01
DH1	0.04	0.05	0.03	0.14	1.33	0.01
AS0720	0.02	0.04	0.07	0.20	1.73	0.01
NTA 88 - 6	0.03	0.04	0.03	0.05	0.66	0.02

Bibliographie

Coaker T.H. 1957. Studies on crop loss following insect attack on cotton in East Africa, II, Further experiments in Uganda. *Bulletin of Entomological Research* 48, 851-866

Keita B. M. 2000. Evaluation du comportement variétal de 9 variétés vulgarisables de cotonnier vis-à-vis de principaux ravageurs en particulier les jassides. Mémoire de fin d'études de l'IPR de Katibougou, 43 p

Mauney J.R. and Henneberry T. J. 1979. Identification of damage symptoms and patterns of feeding of plant bugs in cotton. *Journal of Economic Entomology* 72 (4), 496-501

Livy Williams III, Phillips J. R. and Tugwell N.P. 1987. Field technique for identifying causes of pinhead square shed in cotton. *Journal of Economic Entomology* 80 (2), 527-531

SUIVI DANS LES PREMIERS VILLAGES SEUILS AU MALI

1 Justification

En Afrique francophone les pratiques phytosanitaires ont évolué au cours de ces dernières années (Cauquil and Vaissayre 1994). Au Mali cours de la campagne 2001, 12 villages ont été choisis par la CMDT (Compagnie Malienne pour le Développement du Textile) pour y conduire des programmes d'interventions sur seuil sensu stricto pour la première fois. Il s'agissait de villages ayant déjà pratiqué la lutte étagée ciblée par le passé. La recherche a donné au Développement, avant le début de la campagne, des conseils pour la réalisation des interventions sur seuils et a été sollicitée pour assurer différents appuis en cours de campagne en raison de la nouveauté de cette protection.

2 Objectifs

Les objectifs de ce suivi de villages par la recherche étaient d'examiner, d'analyser et d'évaluer les réalisations des paysans maliens en matière de protection sur seuils sensu stricto de leur culture cotonnière.

3 Matériel et méthodes

L'appui qu'accorda la recherche à cette opération consista en l'exploitation d'une enquête conduite auprès de tous les agriculteurs de ces 12 villages seuil et la réalisation de diagnostics agronomiques en fin de campagne limités à 5 villages.

L'enquête était destinée à enregistrer par parcelle sa surface, le nom du propriétaire, la date de semis et les dates de réalisation des différentes interventions en précisant si un seuil avait été respecté à chacune d'elles ainsi que la nature de la spécialité phytosanitaire employée. Cette enquête a été réalisée en fin de campagne.

Les cinq villages retenus pour la réalisation de diagnostics agronomiques furent : Marobougou dans la région de Fana, Torosso dans la région de Koutiala et dans la région de Sikasso les villages de Zoloko, Kolokodéni et Yangasso. Les diagnostics agronomiques ont été réalisés dans 15 parcelles au niveau de chaque village sauf à Yangasso où ils n'en concernèrent que 8.

Au niveau de chaque parcelle, deux placettes étaient sélectionnées et dix plants se suivant sur une ligne étaient observés au niveau de chaque placette. Les observations consistèrent en un enregistrement de l'occupation ou non du premier site fructifère de chaque branche fructifère, de la première à la 15ième branche, en mentionnant le type d'organe présent (bouton floral, fleur ou capsule en précisant son état sanitaire : entièrement saine, partiellement saine, pourrie ou momifiée lorsque qu'elle n'était plus verte). Le numéro du nœud de la première branche fructifère et le nombre de nœuds formés sur la tige principale étaient également relevés par plant. Dans un environnement proche de ces cotonniers, sur dix plants présentant une fleur épanouie en première position de branche fructifère le nombre de nœuds sur tige principale au dessus de cette branche fructifère (NAWF) était relevé. Cette dernière observation n'a toutefois été réalisée qu'à Marobougou car dans les autres villages les cotonniers étaient déjà en fin de cycle (ouverture de toutes les capsules). Ces diagnostics complétées par des observations phytosanitaires ont été effectuées les 13 et 14 septembre à Marobougou, le 24 octobre à Zoloko, le 25 octobre à Kolokodéni, le 26 octobre à Yangasso et le 2 novembre à Torosso.

4 Résultats et discussions

Avant de présenter les résultats de ce suivi, il faut rappeler les recommandations données par la recherche en matière de protection phytosanitaire du cotonnier pour ces villages. Le premier traitement devait être réalisé avec de l'endosulfan dès l'apparition des boutons floraux et les traitements suivants devaient respecter l'atteinte de seuils d'infestations. Vis-à-vis des chenilles carpophages le seuil était de 5 chenilles pour 25 plants, vis-à-vis des pucerons de 20 plants infestés pour 25 observés et vis-à-vis de *Syllepte derogata* (Fabricius) de 5 plants attaqués pour 25 plants observés. Une grille d'utilisation de spécialités phytosanitaires avait été donnée par la recherche en fonction de l'atteinte d'un ou plusieurs seuils et de l'importance des infestations en chenilles carpophages.

L'importance des superficies consacrées à la culture cotonnière et le nombre de paysans concernés ont été très variables suivant les villages (tableau 1).

Tableau 1 : superficies par village

Région	Village	nombre de paysans	nombre de parcelles	surface en ha
Bougouni	Béréla	21	25	49,00
Fana	Djinina	54	104	215,88
Fana	Kayan	36	45	148,72
Fana	Marobougou	30	37	51,60
Fana	Moribougou	14	14	31,50
Koutiala	Torosso	33	53	161,73
San	Kobalasso	25	64	60,54
San	Zologosso	30	56	92,03
Sikasso	Kolokodéni	9	13	31,50
Sikasso	Yangasso	4	9	17,21
Sikasso	Zanga	24	32	51,00
Sikasso	Zoloko	22	29	56,24

Analyse des réalisations des agriculteurs

Quelle que soit la parcelle cotonnière, le premier traitement a respecté l'utilisation de l'endosulfan recommandée par la recherche. Pour les traitements suivants lorsqu'ils furent réalisés les recommandations de la recherche ont été moins bien suivies.

Les spécialités phytosanitaires mises en place dans chaque village comprenaient outre une formulation d'endosulfan, une seule association pyréthrinoïde organo-phosphoré (parfois différente suivant les villages) et un produit alternatif aux pyréthrinoïdes (le Laser ou l'Avaunt).

Selon les déclarations des agriculteurs, des traitements sur seuil n'ont été effectués que dans 8 villages mais pas par tous les paysans de ces villages (tableau 2). Ces traitements sur seuil ont concerné au total 107 parcelles (soit 22,2 %) de taille très variable (de 0,18 à 7,60 hectares) pour une superficie totale 221,67 hectares (soit 22,9 %) appartenant à 72 paysans (soit 23,8 %).

Tableau 3 : réalisations de traitements sur seuil (déclarés) par village

Village	Région	Traitements non sur seuil			Traitements sur seuil		
		nombre de paysans	Nombre de parcelles	Surface en ha	nombre de paysans	Nombre de Parcelles	Surface en ha
Béréla	Bougouni	21	25	49.00			
Djinina	Fana	32	44	80.00	31	60	135.88
Kayan	Fana	30	38	133.28	7	7	15.44
Marobougou	Fana	16	18	23.09	17	19	28.51
Moribougou	Fana	14	14	31.50			
Torosso	Koutiala	30	49	151.50	3	4	10.23
Kobalasso	San	24	60	51.21	3	4	9.33
Zologosso	San	30	56	92.03			
Kolokodéni	Sikasso	9	12	29.70	1	1	1.80
Yangasso	Sikasso	4	9	17.21			
Zanga	Sikasso	18	24	36.50	7	8	14.50
Zoloko	Sikasso	20	25	50.26	3	4	5.98

Certains agriculteurs, parmi ceux ayant déclaré avoir fait des traitements sur seuil, n'ont pas pratiqué le programme d'interventions sur seuil sur l'ensemble de leurs parcelles comme l'indique le Tableau 3. Nous n'en connaissons pas les raisons mais une certaine prudence est possible.

Tableau 3 : paysans ayant pratiqué au moins deux types de programmes

nom du paysan	Région	Village	traitements non sur seuil		traitements sur seuil	
			nombre de parcelles	Surface Ha	nombre de parcelles	surface ha
Aby Touré	Fana	Djinina	1	0.91	3	6.48
Adama Diarra	Fana	Djinina	1	2.75	1	5.49
Bati Coulybali	Fana	Djinina	1	5.17	1	2.00
Dakay Coulibaly	Fana	Djinina	1	1.86	1	4.13
Daouda Diarra	Fana	Djinina	1	1.20	2	4.81
Fagnery Coulibaly	Fana	Djinina	3	11.90	1	1.64
Fodé Coulybali	Fana	Djinina	1	1.00	1	3.41
Karim Coulybali	Fana	Djinina	1	1.83	4	10.80
Mody Diarra	Fana	Djinina	2	3.34	1	2.79
Bourama Traoré	Fana	Kayan	2	9.00	1	3.94
Fodé Tandjian	Fana	Marobougou	2	2.30	1	1.30
Issa Sacko	Fana	Marobougou	1	1.00	1	2.44
Sekou Sylla	Fana	Marobougou	1	1.47	1	0.95
Alou Diarra	San	Kobalasso	1	0.24	1	0.97
Soumaila Diarra	San	Kobalasso	1	0.70	1	3.80
Samba Diarra	Sikasso	Kolokodéni	1	0.20	1	1.80
Broulaye Berthé	Sikasso	Zanga	1	1.00	1	2.00
Chiaka Diabaté	Sikasso	Zoloko	1	3.97	1	1.00

Les traitements sur seuil ont été principalement dirigés contre les chenilles carpophages selon les agriculteurs concernés. Seuls 11 agriculteurs (15 parcelles) réalisèrent deux applications sur seuil et un agriculteur (une parcelle) après avoir réalisé la première application suivant celle d'endosulfan en respectant un seuil n'a pas respecté de seuil pour le traitement suivant. La première application avec de l'endosulfan a été réalisée en moyenne 40 jours après le semis, la première application sur seuil en moyenne 35 jours

après l'application d'endosulfan et la deuxième application sur seuil 25 jours après la première application sur seuil.

En examinant les agriculteurs ayant déclaré avoir fait des traitements sur seuil sur les différentes parcelles qu'ils possédaient (21 agriculteurs) on s'aperçoit que 14 d'entre eux ont réalisé la première application sur seuil à la même date quelle que soit la parcelle (annexe 1) et sur les 4 qui ont réalisé une deuxième application sur seuil deux pratiquèrent cette intervention à la même date quelle que soit la parcelle (annexe 2). Il peut apparaître étonnant que le seuil ait été atteint au même moment sur des parcelles différentes appartenant à un même agriculteur, mais le faible écart entre les dates de semis des différentes parcelles et leur possible proximité dans l'espace pourraient en être les causes.

Pour des dates de semis qui se sont échelonnées du 11 mai au 30 juin, le premier traitement sur seuil (déclaré) a été réalisé principalement entre le 21 août et 10 septembre (figure 1) ce qui apparaît précoce pour des infestations élevées en chenilles carpophages. D'autres ravageurs ont peut être été pris en compte (comme à Kolokodéni où certains paysans ont jugé utile d'intervenir contre les mirides et/ou les jassides en raison des dégâts qu'ils observaient) mais un seuil d'infestation en chenilles carpophages plus faible a peut être également été utilisé (comme à Fana en raison de la diffusion de messages déformés). La deuxième application sur seuil a été effectuée principalement entre le 13 et le 30 septembre ce qui correspond plus aux dates habituellement connues pour les pics d'infestation de ravageurs carpophages.

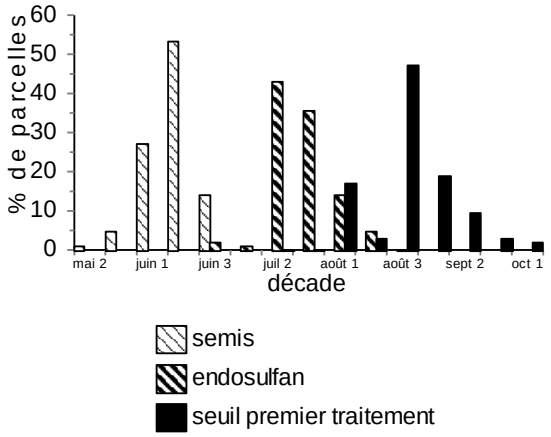


Figure 1 : réalisation des semis
pour les paysans ayant réalisé au moins un traitement sur seuil

Parmi les 248 agriculteurs qui ont déclaré n'avoir pas réalisé de traitement sur seuil, 140 (pour 414,24 ha répartis en 234 parcelles) n'ont appliqué que de l'endosulfan en moyenne entre le 44ième et le 45ième jour après le semis sur une ou plusieurs parcelles (figure 2). On pourrait supposer que dans les parcelles de ces agriculteurs aucun seuil d'infestations, quel(s) que soi(en)t le (ou les) ravageur(s) présent(s), a été atteint mais rien ne permet de l'affirmer.

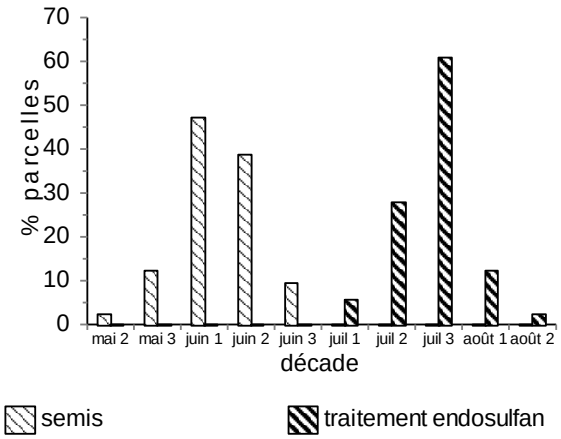


Figure 2 : réalisation des semis et du traitement à l'endosulfan
pour les paysans n'ayant réalisé d'autre intervention

Les parcelles restantes (140) qui appartenaient à 108 agriculteurs (un de ces agriculteurs qui sur une autre de ses parcelles n'a appliqué que l'endosulfan a été pris en compte précédemment) représentent 331,04 ha. Une seule application après celle d'endosulfan fut en général réalisée. Seuls 9 agriculteurs ont réalisé une troisième application insecticide. L'application d'endosulfan, qui eut également lieu en moyenne au 45ième - 46ième jour après le semis, fut suivi 39 jours plus tard en moyenne d'une seconde application (figure 3) elle même suivie 26 jours plus tard par une dernière application chez les 9 agriculteurs concernés.

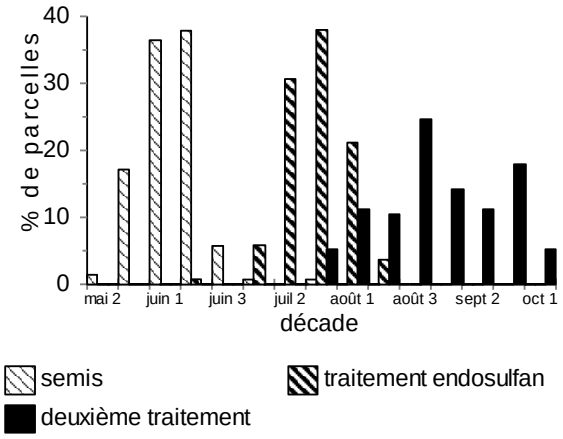


Figure 3 : dates de semis et traitements
pour les parcelles n'ayant pas reçu d'intervention sur seuil

Ces paysans qui ont déclaré n'avoir pas respecté l'atteinte d'un seuil d'infestation (basé sur des observations) pour intervenir n'ont pas non plus en moyenne respecté un intervalle de 14 jours entre leurs interventions. Ils ont peut être alors décidé leurs interventions sur la base d'appréciations personnelles des infestations de leurs champs ou de leur état sanitaire. Mais, comme pour les agriculteurs qui ont déclaré avoir pratiqué des traitements sur seuil, ceux qui

possédaient plusieurs parcelles ont, pour la plupart (22 sur 27), réalisé l'application qui suivait celle d'endosulfan à la même date quelle que soit la parcelle.

La bactériose est relativement fréquente. Les attaques n'apparaissent jamais très sévères, même si des tâches huileuses ont été observées sur capsules dans certaines localités (à Marobougou). La maladie la plus spectaculaire est la virescence du cotonnier mais elle a affecté de façon très inégale les différentes parcelles visitées dans les 5 localités. Enfin, quelques symptômes de mosaïque sur les feuilles du bouquet terminal ont été observés dans certaines localités. Cette observation est à relier avec la présence abondante de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en fin de campagne.

Les ravageurs dominants en fin de campagne sont les aleurodes (*B. tabaci*). Les infestations sont très inégales suivant les champs mais elles sont en général très élevées. A côté des aleurodes on a observé des pucerons *A. gossypii* mais leurs colonies étaient très peu développées. Associés à ces deux ravageurs on a noté par endroit des dépôts de miellats sur feuilles et sur fibre avec ou sans développement de fumagine. Les dégâts de mirides (feuilles en lambeaux) et ceux de jassides (*Empoasca* sp) sont fréquents surtout dans la région de Sikasso. La gravité des attaques de ces deux ravageurs semble accrue dans les parcs à Karité et/ou à Néré.

Les ravageurs carpophages étaient peu nombreux en fin de campagne. Quelques *Helicoverpa armigera* Hübner furent rencontrés. Peu de *Diparopsis watersi* Rotschild) ont été trouvés et quelques chenilles d' *Earias* sp furent encore notées. Ce dernier ravageur a du être beaucoup plus fréquent au début de la campagne au regard des plants écimés présents dans les parcelles visitées. Une faible efficacité de l'endosulfan vis à vis de ce ravageur pourrait en être la cause bien que les écimages de plants en début de campagne peuvent avoir d'autres origines.

Parmi les chenilles phyllophages, on a remarqué quelques *Spodoptera littoralis (*Boisduval), pratiquement pas de *Syllepte derogata* (Fabricius) ou d' *Anomis flava* (Fabricius). Quelques cétoines ont été récoltées sur des capsules encore vertes et des mylabres au sein de fleurs. Enfin, des infestations souvent élevées de *Dysdercus supertitiosus* (Fabricius, ex *D. voelkeri* Schmidt) furent notées un peu partout et en grand nombre dans les régions de Sikasso et Koutiala (moins à Fana en raison de la précocité du diagnostic) qui peuvent faire craindre une perte de pouvoir germinatif des semences.

Il n'y a qu'à Marobougou où des interventions auraient réellement respecté des seuils (basés sur des observations) sur certaines parcelles parmi celles retenues pour les diagnostics agronomiques. Si les cotonniers étaient en fin de cycle à Marobougou (au regard des valeurs obtenues pour le NAWF présentées dans le tableau 4), toutes les capsules présentes étaient encore vertes de sorte que leur état sanitaire n'a pas été relevé.

En supposant que les nœuds de la tige principale soient apparus à la même vitesse quelle que soit la région et que la variété ait été partout la même, l'apparition de la première branche fructifère (le numéro de son nœud) pourrait être plus tardive à Sikasso qu'à Koutiala mais surtout qu'à Fana (tableau 4). Le nombre total de nœuds formés semble d'autre part plus élevé dans la région de Sikasso surtout par rapport à la région de Fana (tableau 4).

Tableau 4 : caractéristiques des plants au moment des diagnostics agronomiques

Village	Région	Type de Traitements	Nombre de Traitements	Nombre Parcelles	NAWF	noeud de la première branche fructifère	nombre de noeuds
Marobougou	Fana	Seuils	2	9	2.2	5.8	14.5
Marobougou	Fana	Seuils	3	4	3.0	5.9	15.3
Marobougou	Fana	Calendaire	4	2	1.7	5.6	14.2
Torosso	Koutiala		1	5		6.5	20.3
Torosso	Koutiala	Seuils ?	2	6		6.4	20.7
Torosso	Koutiala	Seuils ?	3	4		6.3	19.9
Kolokodéni	Sikasso		1	8		7.1	21.7
Kolokodéni	Sikasso	Seuils ?	2	7		6.9	20.5
Zoloko	Sikasso		1	7		6.8	21.9
Zoloko	Sikasso	Seuils ?	2	7		6.4	22.6
Zoloko	Sikasso	Seuils ?	3	1		5.8	21.0
Yangasso	Sikasso		1	6		7.1	19.6
Yangasso	Sikasso	Seuils ?	2	2		6.3	21.5

Les taux de rétention des organes fructifères (limité à l'examen de la première position de chaque branche fructifère) sont plus élevés sur les cinq premières branches fructifères que sur les suivantes (tableau 5). Il est très faible sur les branches fructifères 11 à 15 sauf à Marobougou en raison de la précocité des diagnostics (les organes présents étaient encore au stade bouton floral). Ces taux semblent très satisfaisants dans la région de Koutiala mais ils apparaissent un peu plus faibles dans celle de Sikasso et plus encore dans celle de Fana.

Tableau 5 : taux de rétention des organes fructifères

village	région	type de traitements	nombre de traitements	Nombre Parcelles	Taux de rétention sur les branches fructifères		
					1 à 5	6 à 10	11 à 15
Marobougou	Fana	seuils	2	9	53.6	49.9	42.6
Marobougou	Fana	seuils	3	4	59.0	48.2	47.8
Marobougou	Fana	calendaire	4	2	48.0	44.2	39.2
Torosso	Koutiala		1	5	79.2	42.8	9.8
Torosso	Koutiala	seuils ?	2	6	85.8	48.8	15.9
Torosso	Koutiala	seuils ?	3	4	81.8	41.0	11.3
Kolokodéni	Sikasso		1	8	64.9	36.2	5.6
Kolokodéni	Sikasso	seuils ?	2	7	65.3	45.4	8.5
Zoloko	Sikasso		1	7	62.9	39.7	6.8
Zoloko	Sikasso	seuils ?	2	7	66.1	45.4	9.3
Zoloko	Sikasso	seuils ?	3	1	50.0	34.0	12.8
Yangasso	Sikasso		1	6	57.3	41.0	6.3
Yangasso	Sikasso	seuils ?	2	2	53.0	53.5	7.6

Au regard des taux de capsules entièrement saines (exception faite de la région de Fana pour laquelle cette observation n'a pas été possible, les capsules n'étant pas encore ouvertes), selon le tableau 6 il faudra s'attendre à une meilleure qualité de la production à Koutiala qu'à Sikasso (en dehors d'un collage de la fibre).

Tableau 6 : taux de capsules entièrement saines

village	Région	Type de Traitements	Nombre de Traitements	nombre parcelles	% de capsules entièrement saines sur les branches fructifères		
					1 à 5	6 à 10	11 à 15
Torosso	Koutiala		1	5	79.2	76.0	57.1
Torosso	Koutiala	Seuils ?	2	6	85.8	80.2	67.2
Torosso	Koutiala	Seuils ?	3	4	81.8	75.3	35.9
Kolokodéni	Sikasso		1	8	76.7	41.0	28.9
Kolokodéni	Sikasso	Seuils ?	2	7	82.4	50.8	17.3
Zoloko	Sikasso		1	7	84.1	56.0	34.2
Zoloko	Sikasso	Seuils ?	2	7	80.9	62.1	49.2
Zoloko	Sikasso	Seuils ?	3	1	92.3	76.6	0.0
Yangasso	Sikasso		1	6	85.1	64.4	31.1
Yangasso	Sikasso	Seuils ?	2	2	86.0	82.1	47.6

5 Conclusions

La campagne 2001 ayant connu une faible pression de la part des ravageurs carpophages, les réalisations des agriculteurs n'ont probablement pas eu une incidence très grande sur les productions comme le laissent supposer les résultats relativement satisfaisants des diagnostics agronomiques.

Les paysans ayant déjà pratiqué la lutte étagée ciblée, cette première tentative de faire respecter intégralement des seuils pour toutes les interventions insecticides peut apparaître décevante au regard des réalisations. Cependant, elle souligne surtout la difficulté de faire passer certains messages techniques même dans le domaine de la protection phytosanitaire du cotonnier.

En effet, cette première tentative entreprise par la CMDT pour orienter en milieu paysan les programmes de protection phytosanitaire vers des interventions phytosanitaires tenant compte de seuils d'infestations ne doit pas être totalement considérée comme négative au regard des réalisations moyennes. En effet, les directives concernant le premier traitement ont été respectées tant dans la nature de la matière active choisie (endosulfan) que dans la date de sa réalisation (à l'apparition de boutons floraux). D'autre part, les agriculteurs qui ont déclaré n'avoir pas réalisé d'intervention sur seuil n'ont soit pas réalisé d'autre intervention que celle d'endosulfan (on peut supposer qu'aucun seuil n'a été atteint même si on ne peut pas l'affirmer) soit pas choisi d'appliquer des formulations insecticides à 14 jours d'intervalle. L'atteinte d'un seuil pour intervenir a peut être été bien comprise par l'ensemble des agriculteurs mais la définition précise de ces seuils n'est peut être pas encore bien perçue (relation entre dénombrements ou dégâts de ravageurs à un moment donné et pertes de production).

Avec la mise en place de nouveaux programmes de protection de la culture cotonnière des contraintes nouvelles et diverses apparaissent (Cauquil and Vaissayre 1995) et il faut en tenir compte pour assurer le succès de ces orientations plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. Pour cette raison, cette première expérience de traitements sur seuils sensu stricto en milieu paysan au Mali doit se poursuivie mais en tenant compte des conclusions de cette campagne. En particulier il ne faudrait pas être trop ambitieux dans les réalisations pour pouvoir assurer un meilleur suivi des producteurs par l'encadrement et la recherche. Ce n'est qu'après cette étape, qui pourra durer plusieurs

campagnes en impliquant les producteurs, le Développement et la Recherche, qu'une plus large diffusion des programmes d'interventions sur seuil pourra être envisagée.

Bibliographie

Cauquil J. and Vaissayre M. 1994. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. I. Nouvelle politique de protection et choix des pesticides. Agriculture et Développement, 3, 13 – 23

Cauquil J. and Vaissayre M. 1995. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. II. Contraintes et perspectives des nouveaux programme. Agriculture et Développement, 5, 17- 29