Pascal MOYAL

INTENSIFICATION DE LA CULTURE DU MAIS ET ATTAQUES DE FOREURS EN COTE D'IVOIRE

ORSTOM
BP 1434
BOUAKE

IDESSA
BP 633
BOUAKE

Juin 1990

Note technique
N° 03-90/Cv IDESSA
Opération 3143

SOMMAIRE

A- LES POPULATIONS D'INSECTES.....p 3
Résumé.....p 3
I- Introduction.....p 4
II- Matériel et Méthodes.....p 5
III- Résultats.....p 6
IV- Discussion.....p 12
Remerciements.....p 16
Références.....p 16

B- LES RENDEMENTS.....p 20
Résumé.....p 20
I- Introduction.....p 21
II- Matériel et Méthodes.....p 21
III- Résultats.....p 22
IV- Discussion.....p 28
Remerciements.....p 34
Références.....p 35

INTENSIFICATION DE LA CULTURE DU MAIS ET ATTAQUES DE FOREURS EN COTE D'IVOIRE.

A- LES POPULATIONS D'INSECTES.

Résumé: Deux essais en split-plot permettant de comparer les attaques de foreurs sur des cultures de maïs à divers niveaux d'intensification ont été mis en place en Côte d'Ivoire. Le premier facteur était la culture: le maïs était cultivé soit seul soit en association avec de l'arachide. Dans chaque cas une culture semblable à une culture paysanne, avec une faible densité et recevant une faible fumure etait comparée à une culture à densité double recevant double fumure. Le second facteur était un sarclage de bonne qualité comparé à un sarclage effectué tardivement. Le troisième facteur concernait la protection insecticide: pas de traitement comparé à une protection modérée de 2 ou 3 traitements à la deltaméthrine 15 g MA/ha. Les attaques de tiges étaient essentiellement le fait d' *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera, Pyralidae) et de *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera, Noctuidae), celles d'épis le fait de *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera, Pyralidae) et *E. saccharina*. Le nombre de foreurs par tige est apparu plus fort sur les parcelles de faible densité, et l'on n'a pas noté de différence entre les parcelles de culture pure ou associée ni entre Les parcelles bien et mal sarclées. L'effet de l'insecticide a été sensible sur les foreurs de tige mais non sur *M. nigrivenella*. Aucune interaction entre les divers facteurs n'a été notée. Ces résultats suggèrent que les attaques de foreurs, principalement celles d'*Eldana saccharina*, sont peu influencées par l'environnement: la densité de foreurs par unité de surface de maïs est la même quelque soit la culture, pure ou associée, sa densité, et la qualité du sarclage.

Summary: Maize crops intensification and borers attacks in Ivory Coast.

I- Insects populations.

Agronomic trials comparing various modalities of maize cultivation (pure vs mixed with peanut, at high or low density and fertilization level), with good or bad weeding and protection or not against borers were realized in Ivory Coast. The main borer was *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera, Pyralidae) attacking both stem and cob; other important borers were *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera, Noctuidae) mainly in the stem and the cob-borer *Mussidia nigrivenella* Ragonot. The borers number per stem or cob appeared to be higher on the low density crops, no difference being

noticeable neither between pure and mixed crops nor between good or bad weeded plots. The insecticide was efficient against the stem-borers but not against *M. nigrivenella*. No interaction between the various factors was observed. These results suggest that borers attacks, mainly of *E. saccharina*, are little influenced by environment: the borer density per maize area unit was the same for any cultivation modality or weeding quality.

I- INTRODUCTION

Le maïs est, avec le riz, la principale céréale cultivée en Côte d'Ivoire. Les paysans pratiquent cette culture principalement manuellement et peu d'intrants sont utilisés: ainsi, par exemple, parmi les surfaces de maïs encadrées par la société de développement de la zone des savanes (C.I.D.T.) 64% sont cultivées manuellement, 17,3% reçoivent de l'engrais NPK, 15,1% de l'urée et 13,4% de l'herbicide (CIDT, 1988). Les sarclages sont effectués plus ou moins correctement selon les disponibilités en main d'oeuvre (Le Roy, 1983) et la densité de semis est en général faible: par exemple, 10000 à 15000 plants/ha dans le centre-ouest (Satmaci, 1986). La culture peut être pure ou associée à d'autres cultures, vivrières, maraîchères ou pérennes (Gigou, 1987; Biarnes et Colin, 1987; Chaléard, 1988). Dans certaines régions la culture pure domine, par exemple autour de Katiola (Gigou, 1987)(fig.1); Dans d'autres, comme le centre-ouest, autour de Daloa et Gagnoa, 90% des cultures de maïs sont cultivées en association (Satmaci, 1986). Le même pourcentage est cité par Le Roy (1983) pour la région nord autour de Boundiali. Le rendement moyen pour l'ensemble de la Côte d'Ivoire varie entre 700 et 900 Kg/ha (Ministère de l'Agriculture, 1986).

Les foreurs sont, avec les jassides transmettant le virus du streak, la principale cause entomologique de perte de rendement (Moyal, 1988a). Actuellement 6 foreurs ont été décrits et ont fait l'objet, depuis quelques années, d'études biologiques, morphologiques et écologiques (Pollet *et al*, 1978; Dabiré, 1980; Tran, 1981; Odjo, 1984; Moyal, 1988b; Moyal et Tran, 1990a et 1990b). Deux de ces foreurs s'attaquent exclusivement à l'épi: *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera, Pyralidae) et *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera, Tortricidae). Les quatre autres sont principalement des foreurs de tige, pouvant attaquer secondairement l'épi: *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera, Pyralidae), *Sesamia calamistis* Hampson, *Sesamia botanephaga* Tams et Bowden et *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera,

A Abidjan

B Bouaké

M Man

Bon Bondoukou

F Ferkessédougou

O Odienné

Ag Abengourou

D Daloa

K Korhogo

Savane

Forêt

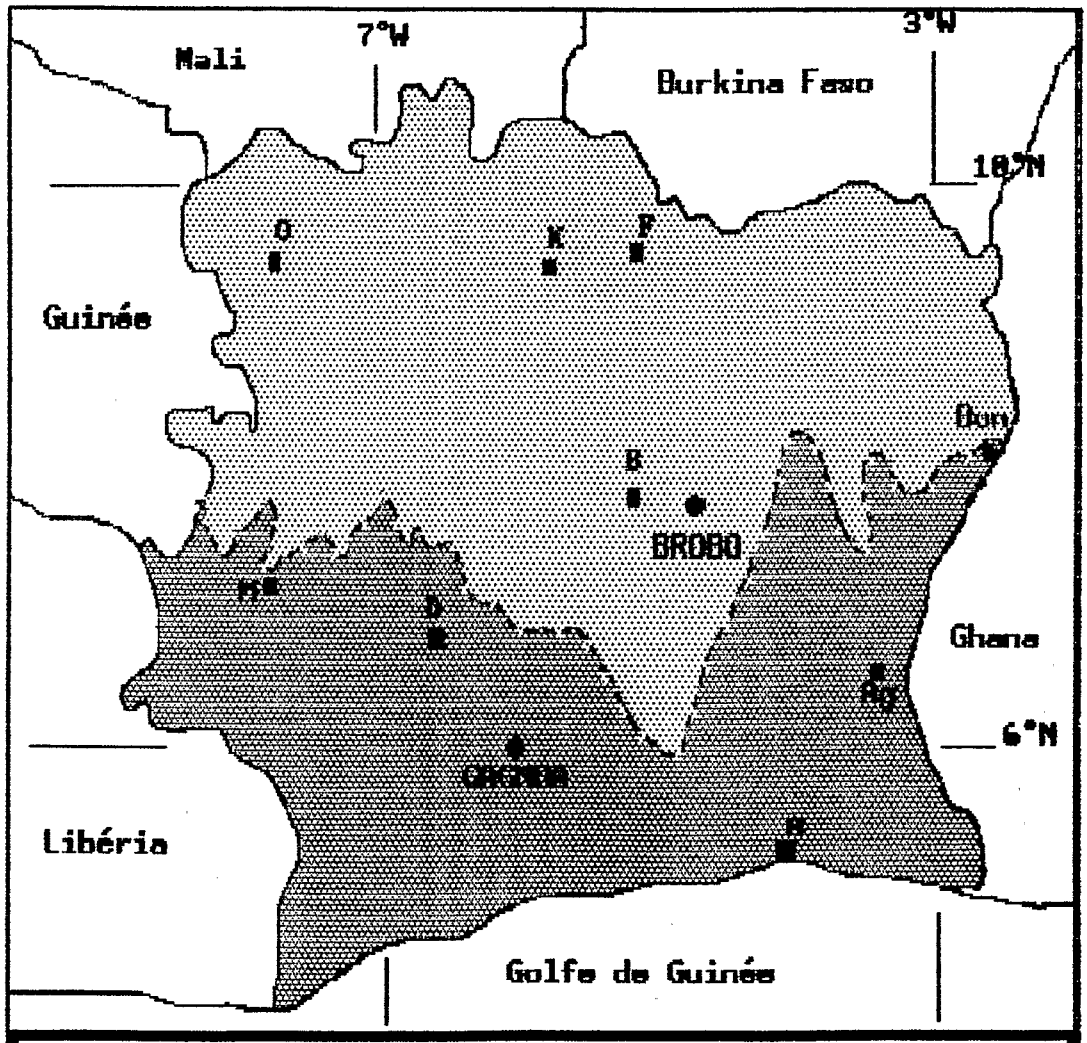

Figure 1: CARTE DE COTE D'IVOIRE

Noctuidae). L'objet du présent travail est de comparer les attaques de ces foreurs sur des cultures de maïs à divers niveaux d'intensification et d'entretien en vue d'examiner l'importance du risque entomologique en fonction des systèmes culturaux étudiés.

II- MATERIEL ET METHODES

Deux essais ont été mis en place, l'un à Brobo, en région de savanes, l'autre à Gagnoa, en région forestière (fig.1). Le dispositif expérimental utilisé est un split-plot à 4 blocs et trois facteurs: le premier facteur compare des cultures pures de maïs à des cultures associées à de l'arachide à divers niveaux d'intensification: 1er niveau: association maïs -arachide à faible densité et faible fumure: sur une parcelle élémentaire de 25 m de long sur 4 m de large, 3 lignes de maïs centrales sont entourées de 2 lignes d'arachide de chaque côté; le maïs est semé tous les 0,40 m, l'espacement entre les lignes étant de 0,80 m, l'arachide est semée tous les 0,60 m avec un espace entre lignes de 0,30 m. La fumure de ce 1er niveau est de 150 Kg/ha d'engrais de fonds NPK 10-18-18, le maïs seul recevant en outre un apport d'urée de 37,5 Kg/ha au début de la floraison mâle. Le 2eme niveau est la même association avec le même écartement interligne mais à double densité sur la ligne et double fumure. Le 3eme niveau est une culture pure de maïs semé et fumé de la même façon que le maïs du 1er niveau et le 4eme niveau est du maïs pur dans les mêmes conditions de culture que le maïs du 2eme niveau. Chaque parcelle élémentaire du 3eme et 4eme niveau contient 5 lignes de maïs. Le 2eme facteur correspond à la qualité du sarclage: le premier niveau est un sarclage effectué correctement, avec un traitement herbicide au moment du semis (association atrazine-métolachlore sur le maïs pur, pendiméthaline sur l'association) suivi de sarclages aussi fréquents que nécessaire de façon à maintenir les parcelles propres. Le second niveau est un sarclage médiocre, le premier sarclage étant effectué 30 jours après la levée (JAL), un deuxième sarclage étant effectué à 60 JAL. Le 3eme facteur concerne la protection contre les foreurs: le 1er niveau correspond à l'absence de protection contre les foreurs; le 2eme niveau correspond à 2 traitements chimiques à 20 et 40 JAL à Gagnoa et à 3 traitements à 20, 40 et 70 jal à Brobo avec de la deltaméthrine à la dose de 15 g de matière active à l'hectare. La variété de maïs utilisée est le CJB (Composite jaune de Bouaké) qui est la plus vulgarisée en Côte d'Ivoire (CIDT, 1988); c'est un composite, dont la durée du cycle semis-récolte est de 100 à 105 jours et le rendement maximal de 6200 Kg/ha (IDESSA, 1982). La variété d'arachide utilisée est le TE3.

A Gagnoa les attaques ont été suivies tous les 20 jours en commençant à 40 JAL; à Brobo des relevés ont été effectués à 40, 60 et 100 JAL. Les plants de maïs sont

prélevés au hasard sur les deux lignes entourant la ligne centrale de chaque parcelle, cette dernière servant à estimer le rendement. 5 plants par parcelle ont été prélevés à 40 et 60 JAL, 10 plants ensuite. Les tiges et épis ont été disséqués et les insectes comptés.

L'analyse statistique a consisté en analyses de variance avec des transformations éventuelles, soit classiques (log(x+1), √(x+0,5), arc sin √x pour les pourcentages) (Dagnélie, 1965 a et 1980), soit, lorsque les conditions de normalité ou d'égalité des variances ne pouvaient être respectées, des transformations en rangs, permettant des analyses non paramétriques selon la méthode préconisée par Conover et Iman (1981). Des analyses par regroupements d'essais ont été réalisées selon la méthode préconisée par Philippeau (1982) à l'aide du logiciel STATITCF (1987). La comparaison des moyennes est effectuée par le test de Newman-Keuls (Dagnélie, 1965 b et1980).

III- RESULTATS.

III-1- Attaques de tige

III-1-1- Brobo

Les prélevements de 40 et 60 jours ont indiqué des niveaux d'attaque très faibles: 0,6 insectes dans 10 tiges à 40 JAL et 1,0 insecte dans 10 tiges à 60 JAL en moyenne sur les parcelles sans protection insecticide. Ces foreurs appartiennent en majorité à l'espèce *Sesamia calamistis* (86% à 40 JAL et 77% à 60 JAL). Ces faibles populations ne permettent pas d'analyse statistique. En fin de cycle, les attaques deviennent plus importantes: à 100 JAL elles sont dues essentiellement à *Eldana saccharina*: la densité de population de cet insecte est alors en moyenne de 26,1 insectes dans 10 tiges sur les parcelles sans traitement insecticide, représentant 97% des insectes présents, le reste étant des *S. calamistis*. L'analyse de ce relevé après transformation en rangs n'indique pas d'effet de l'association culturale ni du sarclage (Tab.I); elle révèle un effet du traitement insecticide et une interaction association culturale*insecticide: cette dernière est en fait due aux parcelles de forte densité de maïs pur où le traitement effectué à 70 JAL n'est plus efficace à 100 JAL alors qu'il l'est encore sur les autres associations culturales.

Tableau I. Nombre *d'Eldana saccharina* dans 10 tiges à Brobo. Relevé du 100eme jour après levée.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 20,6	MAF* 20,9	Mfd* 20,3	MFD* 22,5	NS*
Sarclage	Bon sarclage 23,0		sarclage médiocre 19,2		NS*
Insecticide	Non traité 27,6 a		Traité 14,6 b		HS*
Interaction Culture-insecticide	MAf-NT 27,5a	MAF-NT 31,1a	Mfd-NT 29,5a	MFD-NT 22,1a	
	MAf-T 13,8b	MAF-T 10,8b	Mfd-T 11,0b	MFD-T 22,9a	S

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif à p=0,05. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

III-1-2- Gagnoa

Toutes les analyses ont été effectuées après transformations en rangs. A 40 JAL on ne rencontre que des *B. fusca*. L'analyse ne révèle que l'impact du traitement insecticide (Tab. II). A 60 JAL, *B. fusca* domine toujours, représentant 86% des foreurs, alors que les attaques d'*E. saccharina* débutent (13% des foreurs). L'analyse donne les mêmes résultats qu'à 40 JAL (Tab.III). L'attaque des tiges progresse lentement passant de 5 insectes pour 10 tiges sur les parcelles sans protection insecticide à 40 JAL à 11 à 60 JAL. A 80 JAL, les attaques sont dues essentiellement à *E. saccharina*, qui représente 90% des foreurs. Le reste est constitué des derniers *B. fusca*, dont les populations sont désormais trop faibles pour permettre une analyse statistique. L'analyse des populations d'*E. saccharina* (Tab. IV) indique des attaques supérieures sur les parcelles de maïs pur à faible densité, ainsi qu'un effet du traitement insecticide. A 100 JAL *E. saccharina* représente 94% des foreurs présents. L'analyse de ce relevé n'a pu porter que sur les trois premiers blocs en raison de données manquantes sur le 4 eme

bloc. Seul l'effet insecticide est significatif (tab.V). La tendance observée à 80 JAL de plus fortes attaques par tige sur le maïs de faible densité semble toutefois se confirmer; l'étude du regroupement des 2 relevés de 80 et 100 JAL (tab.VI) confirme que les attaques d'*E. saccharina* par tige sont significativement supérieures sur les parcelles à faible densité de maïs. A chacun de ces relevés les attaques sont apparues légèrement supérieures sur les parcelles mal sarclées par rapport aux parcelles bien entretenues, l'effet n'étant jamais significatif; l'étude du regroupement des 4 relevés ne permet pas de détecter un effet significatif du sarclage.

Tableau II. Nombre d'insectes dans 10 tiges à Gagnoa. Relevé du 40eme jour après levée.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 1,9	MAF* 1,6	Mfd* 4,9	MFD* 5,6	NS*
Sarclage	Bon sarclage 4,9		sarclage médiocre 2,1		NS*
Insecticide	Non traité 5,2 a		Traité 1,8 b		HS*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau III. Nombre d'insectes dans 10 tiges à Gagnoa. Relevé du 60eme jour après levée.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 2,8	MAF* 5,9	Mfd* 10,8	MFD* 6,6	NS*
Sarclage	Bon sarclage 6,7		sarclage médiocre 6,3		NS*
Insecticide	Non traité 11,1 a		Traité 1,9 b		HS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif à p=0,05. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau IV. Nombre d'*Eldana saccharina* dans 10 tiges à Gagnoa. Relevé du 80eme jour après levée.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 8,5b	MAF* 8,3b	Mfd* 20,5a	MFD* 9,4b	S*
Sarclage	Bon sarclage 13,0		sarclage médiocre 10,3		NS*
Insecticide	Non traité 18,6 a		Traité 4,8 b		HS*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif à p=0,05. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau V. Nombre d'*Eldana saccharina* dans 10 tiges à Gagnoa. Relevé du 100eme jour après levée.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 48,4	MAF* 27,7	Mfd* 39,4	MFD* 24,7	NS*
Sarclage	Bon sarclage 38,6		sarclage médiocre 31,5		NS*
Insecticide	Non traité 43,0 a		Traité 27,1 b		HS*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau VI. Nombre d'*Eldana saccharina* dans 10 tiges à Gagnoa. Relevés des 80eme et 100eme jour après levée regroupés.

Facteur	Niveau				Observations
Date de relevé	80 JAL 12,9		100 JAL 35,0		NS* (Trans rangs)
Association culturale	MAf* 28,2a	MAF* 17,6b	Mfd* 32,4a	MFD* 17,6b	HS*
Sarclage	Bon sarclage 27,2		sarclage médiocre 20,8		NS*
Insecticide	Non traité 31,5 a		Traité 16,4 b		HS*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

III-2- Attaques d'épi.

III-2-1- Brobo

Les attaques d'épi sont dues à *E. saccharina* et à *M. nigrivenella* dont les densités sont voisines de 1 insecte par épi (Tab. VII). Le traitement insecticide n'a pas d'effet sur *M. nigrivenella* mais est significatif sur *E. saccharina*. Les faibles niveaux d'attaques ne permettent pas de mettre en évidence de différence entre les associations culturales pour chaque insecte séparément; les faibles densités tendent toutefois à être plus attaquées et l'étude globale des foreurs de l'épi indique un effet significatif. L'analyse a été effectuée après transformation en rangs pour les insectes pris séparément et transformation logarithmique pour l'ensemble.

Tableau VII. Nombre de foreurs dans les épis de 10 tiges à Brobo.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
M. nigrivenella	10,8	8,9	13,1	7,6	NS*
E. saccharina	10,6	6,2	9,9	6,1	NS*
Total insectes	21,6a	15,3b	24,0a	14,1b	S
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
M. nigrivenella	9,0		9,6		NS*
E. saccharina	8,3		8,3		NS*
Total insectes	17,8		18,3		NS*
Insecticide	Non traité		Traité		
M. nigrivenella	8,9		9,7		NS*
E. saccharina	10,8 a		5,8 b		S*
Total insectes	20,2 a		15,9 b		S*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif à p=0,05.

III-2-2- Gagnoa.

Les attaques sont essentiellement le fait de *M. nigrivenella* (tab.VIII) qui représente 86% des foreurs. Aucun facteur ne présente de différence significative.

Tableau VIII. Nombre de foreurs dans les épis de 10 tiges à Gagnoa.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
M. nigrivenella	15,0	16,9	40,9	32,9	NS*
Total insectes	21,3	20,2	43,4	35,6	NS*
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
M. nigrivenella	26,4		26,5		NS*
Total insectes	30,3		30,0		NS*
Insecticide	Non traité		Traité		
M. nigrivenella	26,9		26,0		NS*
Total insectes	31,2		29,0		NS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif.

IV- DISCUSSION.

Les cultures paysannes de maïs en Côte d'Ivoire sont semblables à celles que l'on rencontre généralement sous les tropiques qui reçoivent peu d'intrants et présentent un enherbement assez mal contrôlé (Young, 1981) . Young (1981) indique que, dans de nombreux cas, les fermiers eux-mêmes ont développé des systèmes de culture tendant à réduire les pertes dues aux ravageurs et maladies; il importe donc d'examiner ces systèmes avant d'en proposer des modifications, toute perturbation à grande échelle des interactions complexes qui peuvent y être rencontrées étant susceptible d'avoir des effets difficilement prévisibles (Chalfant et Musick, 1981).

Cette étude nous a permis d'examiner l'impact sur les foreurs du maïs de l'introduction de diverses modifications des systèmes de culture rencontrés en milieu paysan. Trois espèces de foreurs étaient principalement représentées: *E. saccharina*, attaquant à la fois la tige et l'épi, *B. fusca*, attaquant essentiellement la tige en début de cycle et *M. nigrivenella* inféodée à l'épi. L'introduction de traitements insecticides à la deltaméthrine à 15 g MA/ha

permet de réduire les populations de foreurs de tige mais n'affecte pas *M. nigrivenella*. Ces résultats confirment ceux obtenus précédement (Moyal, 1988b et 1989). Cette réduction des populations est sensible jusqu'à 80 JAL pour des traitements arrêtés à 40 JAL à Gagnoa.

L'enherbement des cultures a un effet sur les insectes ravageurs des cultures qui peut être assez variable. Parfait et Jarry (1987), par exemple, indiquent de fortes augmentations d'attaques de la Bruche *Acanthoscelides obtectus* sur le haricot en présence d'adventices. Il en est de même pour *Mythimna separata* (cosmopolitan armyworm) sur maïs (Hill et Allan, 1986). Altieri *et al* (1977) citent par contre de nombreux exemples d'interaction culture-mauvaises herbes-insectes bénéfiques, dont, sur maïs, les cas de *Prorachia daria* et de *Spodoptera frugiperda*. Baliddawa (1985) mentionne également des cas multiples de diminution des attaques en présence de mauvaises herbes dans diverses cultures et en particulier sur maïs des réductions des populations d'*Ostrinia nubilalis* (Hübner). Perrin et Philipps (1978) indiquent des essais visant à semer sous des *Brassica* du trèfle se substituant aux mauvaises herbes et ayant le même rôle positif vis-à-vis des pucerons et des mouches des racines, ceci en vue d'éviter les pertes de rendement dues aux adventices.

Dans le cas des foreurs du maïs en Côte d'Ivoire aucun effet de l'enherbement n'a pu être détecté. On observe à chaque relevé une attaque légèrement supérieure sur les parcelles bien sarclées mais les différences ne sont pas significatives. Le faible niveau des populations de début de cycle masque peut-être l'effet des mauvaises herbes qui devrait être surtout sensible lorsque le maïs est peu développé: ainsi, à Brobo, où l'enherbement était important (Moyal, 1990), les attaques de début de cycle étaient très faibles, et, à Gagnoa, où ces attaques étaient plus importantes mais ne dépassaient toutefois pas 1 foreur par tige à 60 JAL, l'enherbement était très modéré. Les résultats obtenus peuvent toutefois être rapprochés de ceux de Van Huis (1981) qui n'a observé aucun impact de l'enherbement sur deux autres Lépidoptères ravageurs du maïs au Nicaragua, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) et *Diatrea lineolata* (Wlk).

Les comparaisons des attaques d'insectes sur des monocultures et des cultures associées aboutissent également à des résultats assez variés. Dans la plupart des cas recensés par Parfait et Jarry (1987) les populations de ravageurs sont moins importantes dans les associations culturales. C'est également le cas pour 53% des espèces phytophages d'une étude portant sur 150 agroécosystèmes (Risch et al, 1983). On rencontre toutefois des cas où il n'y a pas de différence entre culture associée ou pure et enfin des cas où la culture associée est plus attaquée.

Dans le cas particulier des ravageurs du maïs, les populations de *Spodoptera frugiperda* sont réduites dans des

associations maïs-haricot aux USA (Chalfant et Musick, 1981) et au Nicaragua (Van Huis, 1981) où elles sont de 20 à 30% inférieures aux populations des cultures pures de maïs. Des pourcentages équivalents sont mentionnés par Altieri *et al* (1978). *Ostrinia furnacalis* préfère pondre sur du maïs se trouvant sur un fond marron plutôt que vert (Raros, 1973) ce qui explique ses attaques plus faibles sur l'association maïs-arachide qui par ailleurs fournit un milieu favorable à certaines araignées (Lycoses) prédatrices de ce foreur (I.R.R.I., 1974): Harwood (1979) indique que les populations d'*O. furnacalis* sont réduites jusqu'à 10 fois dans les associations maïs-arachide. Lambert *et al* (1987) constatent également une réduction des populations d'*Ostrinia nubilalis* dans du maïs en association avec du trèfle, particulièrement quand ce dernier est semé peu de temps (10 jours) après le maïs. Des exemples concernant *Heliothis zea* Boddie et *Chilo partellus* swinh. sont fournis également par Baliddawa (1985). Au Nigéria, Adesiyun (1983) constate que les dégâts sur les feuilles de *Busseola fusca* sont plus faibles sur sorgho en association avec du millet par rapport à la culture pure; Toutefois les différences ne sont pas significatives pour les populations de larves ni pour celles des oeufs dans le cas de l'association maïs-millet. Parfois les résultats sont moins nets: dans le cas de *Diatrea lineolata*, Van Huis (1981) trouve une réduction des populations sur l'association avec une variété locale de maïs, mais pas avec un hybride. Quelquefois enfin les attaques sont supérieures sur du maïs en association comme par exemple le cas des Acariens, plus nombreux dans les associations maïs-légumes aux USA (Chalfant et Musick, 1981).

En Côte d'Ivoire, nos observations n'indiquent pas d'effet particulier de l'association culturale sur les foreurs du maïs. Seul l'effet de la densité du maïs joue: il est particulièrement sensible à Gagnoa pour *E. saccharina* dont la densité par plante est supérieure dans les parcelles de faible peuplement. A Brobo cet effet, qui n'apparaît pas au niveau des attaques de tige, existe pour les attaques d'épi. Le comportement d'*E. saccharina* apparaît d'ailleurs assez différent dans les deux localités puisqu'à Gagnoa 8% seulement des insectes attaquent l'épi alors qu'il y en a 28% à Brobo. *E. saccharina*, qui peut pondre aussi bien sur la tige que l'épi (Moyal, 1988b) semble donc être plus attirée par l'épi à Brobo, ce qui indique peut-être des différences génétiques des populations assez importantes. L'étude de la densité des populations à l'unité de surface de maïs ne révele cependant aucune différence entre les diverses cultures à Gagnoa comme à Brobo (Tab.IX). Par hectare de terre, si l'on somme les résultats de Brobo et Gagnoa, il apparaît que les densités de population des parcelles en association sont égales à 68% de celles des parcelles de maïs pur, ce qui est donc voisin du rapport des surfaces de maïs de l'association et de la culture pure.

Tableau IX. Nombre d'*E. saccharina* par hectare de maïs (A) et de terre (B) à 100 jours après levée.

Lieu	Association culturale				Observations
	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
Brobo					
A	84519	180013	102494	128588	NS*
B	50711	108008	102494	128588	NS*
Gagnoa					
A	179844	156771	139240	158042	NS*
B	107906	94063	139240	158042	NS*

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif.

Il ne semble donc pas qu'il y ait une attractivité particulière des parcelles de maïs à distance. Tout se passe comme si seuls les insectes passant au-dessus du maïs étaient attirés par cette plante: Pour une même surface de maïs il y aura donc un même nombre d'insectes, et donc plus d'insectes par plante dans les parcelles de faible peuplement. Par contre, les insectes survolant l'arachide entourant le maïs ne viennent apparemment pas se concentrer sur le maïs, puisqu'il y aurait alors une population identique par unité de surface de terre, et il n'y a pas, d'autre part, d'effet répulsif de l'arachide ou de rôle apparent de cette culture sur le parasitisme ou la prédation des foreurs. Les résultats présentent toutefois une grande variabilité; seules des différences très marquées peuvent donc être mises en évidence, d'autant plus que la culture a été choisie comme le premier facteur du dispositif donc avec un faible nombre de répétitions. Ce choix était toutefois nécessaire afin d'obtenir des parcelles d'assez grande taille (400 m2) d'une même culture. Un dispositif du type plan d'expérience agronomique n'est peut-être d'ailleurs pas le mieux adapté pour le genre d'étude entrepris ainsi que l'ont suggéré Parfait et Jarry (1987) du moins en vue d'expliquer les phénomènes observés. La taille des parcelles est également à étudier ainsi que le souligne Van Huis (1981) qui a retenu comme nous des parcelles de 400 m2.

Les densités de population des autres foreurs rencontrés, *B. fusca* et *M. nigrivenella* étaient relativement

faibles et aucun effet de la culture n'a pu être mis en évidence pour ces espèces.

Ces premières expériences n'indiquent donc pas d'effet de la culture associée par rapport à la culture pure. Ainsi que le souligne Helenius (1989), la diversification des cultures par les associations de culture ne peut être prise comme une stratégie générale pour le contrôle des ravageurs et chaque cas doit être étudié dans son contexte particulier. Il demeure toutefois que l'on ne peut tirer de conclusions de cet essai que dans le cadre du dispositif expérimental utilisé: comme l'indique Harwood (1979), le problème des associations culturales est très complexe et aucune généralisation ne peut être effectuée. En particulier d'autres techniques d'association doivent être testées et la méthode des plans d'expérience agronomique doit être confrontée à d'autres dispositifs en vue d'estimer,d'une part, la taille des parcelles appropriée, et, d'autre part, la validité du résultat à plus grande échelle. En effet, Hasse (1981) indique par exemple que le comportement des femelles d'*O. furnacalis* n'est affecté par l'association culturale maïs-arachide que dans le cas de petites parcelles expérimentales adjacentes à des parcelles de maïs pur, mais que si des cultures associées seules étaient disponibles, les femelles y pondraient tout autant que sur des cultures pures.

Dans le cadre du dispositif expérimental que nous avons utilisé, on peut conclure des premiers résultats obtenus que le passage d'une culture de type paysan à une culture plus intensifiée ne se traduit pas par une augmentation des attaques de foreurs du maïs à l'unité de surface et aboutit à une réduction des densités de population par plante.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements à M. PERUZZI, responsable de la société Roussel-Uclaf, qui a permis la mise en place de l'essai sur la station de cette société à Brobo. Ces essais ont bénéficié d'une aide financière du Ministère Français de la Recherche et de la Technologie.

REFERENCES

ADESIYUN A.A., 1983.- Some effects of intercropping of sorghum, millet and maize on infestation by lepidopterous stalk-borers, particularly *Busseola fusca*. Insect Sci. Application, 4 (4): 387-391.

ALTIERI M.A., SCHOONHOVEN A. VAN, & DOLL J.D., 1977.- The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. Pans, 23 (2): 195-205.

ALTIERI M.A., FRANCIS C.A., SCHOONHOVEN A. VAN, & DOLL J.D., 1978.- A review of insect prevalence in maize (*Zea mais* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field crops research, 1: 33-49.

BALIDDAWA C.W., 1985.- Plant species diversity and crop pest control. An analytical review. Insect Sci. Application, 6 (4): 479-487.
BIARNES A. & COLIN J.P., 1987.- Production vivrière et acces à la terre dans un village de Basse Côte d'Ivoire. Cah. Sci. Hum., 23 (3-4): 455-470.
CHALEARD J.L., 1988.- La place des cultures vivrières dans les systèmes de production en agriculture de plantation: Le cas du département d'Agboville (Côte d'Ivoire). Cah. Sci. Hum., 24(1): 35-49.
CHALFANT R.B. & MUSICK G.J., 1981.- Influence of habitat modification and multiple cropping on insect populations in vegetable and row crops in the eastern United States. Proceedings of symposia, IX International Congress of Plant Protection. 5-11:08:1979. ED. T. Kommedahl. Univ. of Minnesota: 57-60.
C.I.D.T., 1988.- (Compagnie Ivoirienne pour le Développement du Textile). Rapport annuel (synthèse). Campagne 1987-88.- Bouaké: 92 pp.
CONOVER W.J. & IMAN R.L., 1981.- Rank transformations as a bridge between parametric and non parametric statistics. The American Statistician, 35 (3): 124-129.
DABIRE L., 1980.- Biologie et écologie d'*Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera, Pyralidae; Galleriinae) foreur du maïs en Côte d'Ivoire et Inventaire des autres Lépidoptères foreurs du maïs. Thèse de docteur de troisième cycle. Université Pierre et Marie Curie, Paris: 196 pp.
DAGNELIE P., 1965 a.- A propos des transformations de variables. Biom. Praxim., 6: 59-78.
DAGNELIE P.,1965 b.- A propos de quelques méthodes de comparaisons multiples de moyennes. Biom. Praxim., 6: 115-124.
DAGNELIE P., 1980.- Théories et méthodes statistiques. Vol. 2. Presses Agronomiques de Gembloux. 463 pp.
GIGOU J., 1987.- L'adaptation des cultures dans le centre de la Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale, 42 (1): 1-12.
HARWOOD R.R., 1979. Small farm development. Understanding and improving farming systems in the humid tropics. Westview Press, Boulder, Colorado: 160 pp.
HASSE V., 1981.- The influence of vegetational diversity on host-finding and larval survival of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* Guénée (Lepidoptera, Pyralidae). PhD thesis, Justus Liebig University, Giessen.
HELENIUS J., 1989.- The influence of mixed intercropping of oats with field beans on the abundance and spatial distribution of cereal aphids (Homoptera, Aphididae). Agriculture, Ecosystems and Environment, 25: 53-73.
HILL M.G. & ALLAN D.J., 1986.- The effect of weeds on armyworm in maize. Proc. 39th New Zealand Weed and Pest Control Conf. New Zealand Weed and Pest Control Society: 260-263.
HUIS A. VAN, 1981. Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen 81-6: 222 pp.

IDESSA, 1982.- (Institut des savanes). Variétés de maïs recommandées en Côte d'Ivoire. Ministère de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire. 11 pp.
I.R.R.I., 1974.- (International Rice Research Institute). Annual Report for 1973. Los Banos, Philippines: 266 pp.
LE ROY X., 1983.- L'introduction des cultures de rapport dans l'agriculture vivrière sénoufo. Le cas de Karakpo. Travaux et documents de l'ORSTOM. N° 156. Paris. 192 pp.
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 1986.- Annuaire de statistiques agricoles. Abidjan: 180 pp.
MOYAL P., 1988a.- Crop losses due to insects in the savannah area of Ivory Coast: a review. Tropical Pest Management, 34 (4): 455-459.
MOYAL P., 1988b.- Les foreurs du maïs en zone des savanes en Côte d'Ivoire. Données morphologiques, biologiques, écologiques. Essais de lutte et relation plante-insecte. ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris: 368 pp.
MOYAL P., 1989.- Essais de lutte chimique contre les foreurs du maïs en zone des savanes de Côte d'Ivoire. A paraître dans L'Agronomie Tropicale. 20 pp.
MOYAL P., 1990.- Intensification de la culture du maïs et attaques de foreurs en Côte d'Ivoire. B- Rendements. (Ce document).
MOYAL P. & TRAN M., 1990a.- *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera, Pyralidae), cob-borer of maize in Ivory Coast. I- Morphological and biological data. Second International Conference on Tropical Entomology. 31/07-04/08/1989, Nairobi, Kenya. (à paraître dans Insect Science and its application): 14 pp.
MOYAL P. & TRAN M., 1990b.- *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera, Pyralidae), cob-borer of maize in Ivory Coast. II- Ecological data. Second International Conference on Tropical Entomology. 31/07-04/08/1989, Nairobi, Kenya. (à paraître dans Insect Science and its application): 16 pp.
ODJO T.A., 1984. Contribution à l'étude de la Biologie et l'Ecologie de *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera, Noctuidae) en Côte d'Ivoire centrale. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Paris-sud: 109 pp.
PARFAIT G. & JARRY M., 1987.- Diversité végétale et impact des insectes phytophages: une revue bibliographique des méthodes appliquées au cas des cultures associées. Acta Oecologica-Oecol. Gener., 8 (3): 365-378.
PERRIN R.M. & PHILLIPS M.C., 1978.- Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. Ent. Exp. & Appl., 24: 385-393.
PHILIPPEAU G., 1982. Théorie des plans d'expérience. Application à l'agronomie. ITCF, Paris: 205 pp.
POLLET A., ROON N. VAN, & MAURITZ R., 1978. Les ravageurs du maïs en Côte d'Ivoire. Données qualitatives et quantitatives pour la basse Côte. Cah. Off. Rech.Sci.Techn. Outre-Mer, Ser. Biol., 13 (1): 71-85.
RAROS R.S., 1973.- Prospects and problems of integrated pest

control in multiple cropping. Saturday seminar. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines: 20 pp.
RISCH S.J., ANDOW D., & ALTIERI M.A., 1983.- Agroecosystems diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. Environ. Entomol., 12: 625-629.
S.A.T.M.A.C.I. , 1986.- (Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture de la Côte d'Ivoire). Projet Agricole Centre-Ouest. Programme Maïs. Daloa. Multigraph.: 28pp.
STAT-ITCF, 1987. Manuel d'utilisation. ITCF. Paris.
TRAN M., 1981.- Reconnaissance des principaux foreurs des tiges du riz, du maïs et de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. Initiations- documentations techniques n°48, ORSTOM, Paris: 23 pp.
YOUNG W.R., 1981.- Integrated control of corn and sorghum insect pests in the tropics and subtropics. Proceedings of symposia, IX International Congress of Plant Protection. 5-11:08:1979. ED. T. Kommedahl. Univ. of Minnesota: 428-432.

INTENSIFICATION DE LA CULTURE DU MAIS ET ATTAQUES DE FOREURS EN COTE D'IVOIRE.

B- LES RENDEMENTS.

Résumé: Les rendements de maïs obtenus dans deux essais en split-plot comparant des cultures pures à des cultures associées maïs-arachide à faible ou forte densité, avec de bonnes ou mauvaises conditions de sarclage et une protection insecticide ou non, sont étudiés. Dans les deux essais, le gain de rendement dû à la protection insecticide a été significatif, représentant de 20 à 36% du rendement du témoin non traité. Le sarclage bien effectué a permis une augmentation de rendement de 11 à 28% par rapport à un sarclage effectué tardivement. Les rendements obtenus par les diverses cultures de maïs se sont classés différement suivant les essais. Dans un cas, les rendements croissaient avec la fumure. Dans l'autre, on n'observait pas de différence entre les niveaux. L'étude des composantes du rendement (stérilité des plants, nombre de grains par plant portant épi et poids d'un grain sain) a permis de relier cette différence de comportement aux conditions pluviométriques: dans le premier cas, le bon régime hydrique a permis une exploitation efficace de la fumure; quelque soit la densité, on n'observe pas de différence dans la stérilité des plants ni dans le nombre de grains par plant portant épi et le poids d'un grain sain est plus faible pour les parcelles faiblement fumées. Dans le second cas, un déficit hydrique a provoqué sur les fortes densités-fumures une importante stérilité des plants, une réduction du nombre de grains et leur mauvais remplissage, alors que les parcelles à faible densité-fumure ont peu souffert de ce déficit hydrique. Il est conclu que dans les régions à risque de déficit hydrique les parcelles de type paysan, à faible densité et faible fumure, sont à préconiser, bien que plus attaquées par les foreurs de fin de cycle. Dans les régions bien arrosées, il faut préférer les parcelles à forte densité et bien fumées. Le sarclage donne dans tous les cas des gains de rendement équivalents et le traitement insecticide en cas d'attaque de foreurs apporte de substantiels gains de rendement. L'intérêt economique de l'emploi d'herbicide ou d'insecticide en région à risque de stress hydrique doit cependant être précisé.

Summary: Maize crops intensification and borers attacks in Ivory Coast.

II- Yields.

Maize yields of two agronomic trials comparing in Ivory Coast pure or mixed with peanut crops, at high or low

density and fertilization level, with good or bad weeding and an insecticide protection or not against borers are analyzed. Insecticide protection gave a significant yield increase of 20 and 36% of the control. Good weeding permitted a yield increase of 11 and 28% compared with a late weeding. The comparison between pure and mixed crops at various levels of density-fertilization gave different results in each locality: in one instance there was no difference between these modalities; in the other instance yields were increasing with the fertilizers level. The study of the rainfall and of its influence on the yield components (plants sterility, grain number per plant carrying cob and weight of a grain) permitted to explain this difference. No interaction between the various factors was observed. It is concluded that, when there is some hydric stress risk, cultivation with low density and fertilization should be preferred and in the other cases high densities and high fertilization would give better results. Good weeding gives in any case same yield gains and insecticide treatments give, if there are borers attacks, substantial yield increases. Further studies must however precise the interest of use of herbicide and insecticide in the regions where there is some hydric stress risk.

I- INTRODUCTION

Le maïs cultivé en Côte d'Ivoire est attaqué essentiellement par deux groupes d'insectes: les foreurs d'une part et d'autre part les jassides transmettant le virus du streak. Quelques données concernant les pertes de rendement occasionnées par ces ravageurs en Côte d'Ivoire ont été publiées (Moyal, 1988 a et b). Elles ne concernent toutefois que des cultures de maïs pures cultivées assez intensivement. Aucune étude n'a été entreprise sur des cultures moins intensifiées ou sur des cultures associées telles qu'on en rencontre en milieu paysan et c'est cette lacune que le présent travail commence à combler. La première partie de ce travail (Moyal, 1990; ce document) a montré que, pour le dispositif adopté, les attaques des principaux foreurs *Eldana saccharina* Walker et *Mussidia nigrivenella* Ragonot étaient équivalentes par unité de surface de maïs quelque soit le mode de culture. Cette deuxième partie étudie les rendements obtenus dans les différentes conditions de culture.

II- MATERIEL ET METHODES

L'essentiel a été exposé dans la première partie de ce document. Les rendements sont estimés à partir de la production des 20 mètres centraux des lignes centrales de maïs

de chaque parcelle. Le rendement indiqué correspond au rapport production sur surface de maïs cultivée et non pas production sur surface de terre. Le pourcentage de plants portant épi a été mesuré sur la ligne centrale alors que le nombre de grains par plant portant épi et le poids d'un grain sain ont été calculés sur les dix plants prélevés sur les deux lignes entourant la ligne centrale et qui ont servi par ailleurs à estimer les populations de foreurs. L'impact des foreurs sur les composantes du rendement est mesuré par comparaison entre les parcelles recevant une protection insecticide et celles non traitées. L'humidité du grain lors des pesées était de 16 à 17%.

III- RESULTATS

III-1- Les rendements.

A Brobo, les trois facteurs présentent des différences significatives (Tab.I): Le traitement insecticide fournit un gain de 450 Kg/ha soit 20% d'augmentation par rapport au non traité. Un contrôle efficace de l'enherbement permet un gain de 600 Kg/ha. Au niveau des associations culturales les parcelles à forte densité-forte fumure produisent significativement plus que celles de faible densité-fumure. On n'observe pas de différence entre culture pure et associée.

A Gagnoa (Tab. V) les deux traitements insecticides permettent un gain de 650 Kg/ha et le bon contrôle d'un enherbement modéré un gain de 230 Kg/ha. Les associations culturales ont des rendements non significativement différents. Aucune interaction n'est constatée.

Le gain de rendement dû à l'insecticide ou au sarclage est équivalent pour chacun des deux autres facteurs (Tab.IX) à Brobo comme à Gagnoa.Une tendance semble toutefois apparaître d'un effet plus marqué du traitement insecticide sur les fortes densités-fumures mais elle est statistiquement non significative.

III-2- Les composantes du rendement.

Le pourcentage de plants portant épi (Tab. II et VI) est toujours plus faible sur les parcelles non protégées. Les insectes n'ont pas d'impact sur le nombre de grains par plant portant épi (Tab III et VII). A Brobo, où un traitement insecticide tardif, à 70 JAL, a eu lieu, les grains sont plus lourds sur les parcelles traitées (Tab. IV), alors qu'à Gagnoa, où les traitements ont été arrêtés à 40 JAL, la différence de poids entre grains des parcelles traitées et non traitées, plus faible, n'est pas significative (Tab. VIII).

L' enherbement important de Brobo provoque une stérilité des plants (Tab II) et un avortement des grains (Tab. III); par contre l'enherbement modéré de Gagnoa

n'aboutit qu'à une tendance non significative à la réduction du nombre de grains par plant portant épi (Tab. VII). Le poids d'un grain n'est pas modifié par le niveau d'enherbement.

L'impact du type de culture est très différent suivant les localités. A Brobo on n'observe pas de différence de stérilité des plants (Tab.II) ni du nombre de grains par plant portant épi (Tab. III) alors qu'à Gagnoa les parcelles de faible densité-fumure présentent un plus fort pourcentage de plants portant épi (Tab. VI) ainsi qu'un nombre de grains par plant portant épi supérieur (Tab. VII). Le poids d'un grain est plus fort sur les parcelles de faible densité à Gagnoa et plus faible à Brobo (Tab. VIII et IV).

Aucune interaction n'a été constatée entre les divers facteurs.

Tableau I. Brobo. Rendements de maïs (Kg/ha).

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
	1762b	2954a	2078b	3188a	HS
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
	2785 a		2206 b		HS
Insecticide	Non traité		Traité		
	2272 b		2720 a		HS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau II. Brobo. Pourcentage de plants portant epi.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
	82,4	77,8	82,0	78,6	NS
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
	86,3 a		76,8 b		HS
Insecticide	Non traité		Traité		
	78,8 b		84,2 a		HS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau III. Brobo. Nombre de grains par plant portant épi.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
	430	439	448	434	NS
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
	465 a		410 b		HS
Insecticide	Non traité		Traité		
	424		451		NS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau IV. Brobo. Poids d'un grain sain (mg).

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 244 b	MAF* 261 a	Mfd* 250 ab	MFD* 261 a	S
Sarclage	Bon sarclage 255		sarclage médiocre 253		NS
Insecticide	Non traité 244 b		Traité 264 a		HS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif (à p=0,05). HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau V. Gagnoa. Rendements de maïs (Kg/ha).

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 2304	MAF* 2266	Mfd* 2059	MFD* 2060	NS
Sarclage	Bon sarclage 2286 a		sarclage médiocre 2059 b		S
Insecticide	Non traité 1843 b		Traité 2502 a		HS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif (à p=0,05). HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau VI. Gagnoa. Pourcentage de plants portant épi.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
	90,1 a	72,4 b	81,1 ab	71,4 b	S
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
	78,6		82,2		NS
Insecticide	Non traité		Traité		
	75,3 b		82,2 a		S

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. S: Significatif (à p=0,05).

Tableau VII. Gagnoa. Nombre de grains par plant portant épi.

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	
	444 a	336 b	456 a	324 b	HS
Sarclage	Bon sarclage		sarclage médiocre		
	393		387		NS
Insecticide	Non traité		Traité		
	385		395		NS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau VIII. Gagnoa. Poids d'un grain sain (mg).

Facteur	Niveau				Observations
Association culturale	MAf* 270 ab	MAF* 243 c	Mfd* 283 a	MFD* 258 bc	HS
Sarclage	Bon sarclage 264		sarclage médiocre 263		NS
Insecticide	Non traité 258		Traité 270		NS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif. HS: Hautement Significatif (à p=0,01).

Tableau IX. Gain de rendement dû au traitement insecticide et au sarclage en fonction des autres facteurs (Kg/ha).

	MAf*	MAF*	Mfd*	MFD*	BS*	MS*	
Insecticide							
Brobo	252	387	530	625	501	396	NS
Gagnoa	500	889	540	707	694	624	NS
	MAf	MAF	Mfd	MFD	NT*	T*	
Sarclage							
Brobo	452	480	762	621	526	631	NS
Gagnoa	296	196	187	228	192	262	NS

*MAf: Association culturale maïs-arachide faible fumure-faible densité.
MAF:Association culturale maïs-arachide forte fumure-forte densité.
Mfd: Maïs pur faible fumure-faible densité.
MFD: Maïs pur forte fumure-forte densité.
NS: Non Significatif.
BS: Bon sarclage. MS: Mauvais sarclage. NT: Sans traitement insecticide. T: Traité avec insecticide.

IV- DISCUSSION

Les traitements insecticides ont un impact important sur le rendement permettant des gains de production de 20% à Brobo et 36% à Gagnoa. Ce gain est équivalent quelque soit l'association culturale ou la qualité du sarclage. A Brobo toutefois le gain de rendement est nettement plus faible alors que le nombre de traitements est supérieur à celui de Gagnoa. En fait, les attaques interviennent à Brobo principalement en fin de cycle (Moyal, 1990, ce document) et les traitements de début de cycle présentent peu d'intérêt, ce qui confirme les résultats obtenus précédemment (Moyal, 1988b et 1989) dans des localités voisines. Les traitements de début de cycle à Brobo n'ont toutefois pas été totalement inutiles: en effet, les attaques de début de cycle se traduisent essentiellement par une stérilité des plants alors que celles de fin de cycle nuisent au remplissage des grains (Moyal, 1988b). Or on peut constater qu'à Gagnoa, mais également à Brobo, le pourcentage de plants portant épi est plus faible sur les parcelles non protégées par les traitements insecticides. Les attaques de début de cycle très faibles à Brobo, de l'ordre de 6 insectes pour 100 tiges correspondent en fait à pratiquement 6% de tiges attaquées, qui toutes seront stériles: d'une part, du fait de l'action directe des foreurs, car les insectes trouvés appartiennent à l'espèce *Sesamia calamistis* Hampson, qui connait une mortalité élevée au début de son développement mais dont les jeunes stades peuvent provoquer des dégâts importants avant de disparaître; les quelques larves rencontrées ne sont donc que les survivantes de populations nettement plus nombreuses; d'autre part, par une action indirecte des insectes, qui retardent la croissance du plant: les plants ainsi en retard sont très souvent stériles (AGPM, 1981).

Le poids d'un grain est significativement supérieur sur les parcelles protégées à Brobo mais à Gagnoa la différence observée est insuffisante pour être statistiquement significative; l'absence de traitement tardif à Gagnoa et donc un moins bon contrôle des populations d'*E. saccharina* responsable du mauvais remplissage du grain explique cette différence de résultat.

Le nombre de grains par plante n'est pas affecté par la présence de foreurs. Ceci confirme les résultats obtenus antérieurement (Moyal, 1988b) et souligne le fait que les foreurs, bien que nuisant certainement au bon approvisionnement hydrique de la plante, ont un impact bien différent d'un stress hydrique qui aboutit, lorsqu'il a lieu à certains moments particuliers du cycle, à une réduction du nombre de grains (Claassen et Shaw, 1970).

L'intérêt d'un sarclage bien effectué est particulièrement net à Brobo où l'enherbement, très important, a affecté à la fois le pourcentage de plants portant épi et le

nombre de grains par plant portant épi. L'impact des mauvaises herbes est donc tout à fait similaire à un stress hydrique qui aboutit à une réduction du nombre de grains par épi (Claassen et Shaw, 1970) et à une réduction du nombre d'épis (Algans et Desvignes, 1983).

On considère généralement (AGPM, 1981) que le sarclage doit maintenir le sol propre jusqu'à la floraison du maïs et, qu'au delà, les mauvaises herbes ont du mal à s'implanter et ne risquent donc pas de nuire à la récolte. Dans le cas présent, où les parcelles mal sarclées ont été nettoyées à 30 et 60 JAL, le poids d'un grain ne diffère pas, quelque soit la qualité du sarclage. Cependant, cette absence de différence traduit en fait un remplissage des grains inférieur sur les parcelles mal sarclées: en effet, le nombre de grains par plante est inférieur sur les parcelles mal sarclées et, à flux d'éléments nutritifs équivalent, on devrait avoir un poids du grain supérieur sur les parcelles mal sarclées; c'est ce qu'on observe par exemple en cas de stress hydrique précoce, qui réduit le nombre de grains par plante, et aboutit à un poids du grain supérieur s'il n'y a pas de stress hydrique au moment du remplissage du grain (Claassen et Shaw, 1970). Par contre un stress hydrique en fin de cycle aboutit à une réduction du poids du grain. A Gagnoa, l'enherbement, modéré, n' a d'impact significatif sur aucune composante du rendement.

Le seul élément commun entre les systèmes de culture comparés est la similitude de comportement de l'association et de la culture pure à un même niveau d'intensification. Par contre, les rendements et leurs composantes évoluent de façons très différentes, voire opposées, pour les deux densités-fumures: les rendements sont supérieurs à Brobo pour les fortes densités-fumures alors qu'ils sont équivalents à Gagnoa pour les deux densités-fumures. Le pourcentage de plants portant épi et le nombre de grains par plant portant épi sont similaires pour toutes les cultures à Brobo alors qu'ils sont significativement supérieurs pour les faibles densités-fumures à Gagnoa. Enfin le poids d'un grain est supérieur à Brobo pour les fortes densités-fumures et inférieur à Gagnoa.

Ces résultats cotradictoires peuvent être expliqués s'ils sont examinés à la lumière des termes du bilan hydrique de la culture. La variété de maïs utilisée est particulièrement sensible au déficit hydrique entre 40 et 70 JAL (BDPA, 1980). Or, à Gagnoa, la différence entre la pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle (ETP, calculée par la formule de Turc, selon Monteny et Lhomme, 1980) est constamment négative entre 26 et 87 JAL, avec un déficit maximal au moment de la floraison mâle (50 JAL), où le rapport P/ETP n'était que de 0,37 (Tab. X). Le déficit cumulé de toute cette période atteint 43,7 mm. A Brobo, par contre, on n'observe aucun déficit hydrique durant la période

critique: seul un déficit de 9,5 mm a lieu en tout début de cycle puis un déficit de 2,5 mm entre 63 et 72 JAL, aisément comblés par la réserve utile du sol. Au moment de la floraison mâle la pluviométrie est bonne, le rapport P/ETP atteignant alors son maximum. Durant la période de 25 à 85 JAL le maïs a reçu plus de 400 mm de pluie à Brobo alors que, selon Chabalier (1985), il faut un minimum de 300 mm durant cette période pour valoriser la fumure (sur des parcelles de forte densité en premier cycle en région centre de Côte d'Ivoire).

Dans le cas présent les cultures de forte densité-fumure ont pu exprimer pleinement leur potentiel à Brobo: Leur rendement est supérieur et leurs composantes du rendement sont au moins équivalentes à celles des faibles densités. Ainsi on n'observe pas de différence de stérilité des plants alors que l'augmentation de la densité se traduit généralement par un accroissement du nombre de plants sans épi (Boyat *et al*, 1983; Barloy, 1983). Le remplissage du grain est supérieur sur les parcelles de forte densité-fumure, le facteur fumure étant l'élément limitant essentiel.

A Gagnoa, par contre, la stérilité des plants devient beaucoup plus forte sur les parcelles à forte densité où la concurrence pour l'eau est beaucoup plus importante: 28% des plantes de fort peuplement sont stériles, 14% des faibles peuplements. Le stress hydrique joue sur toutes les composantes du rendement des parcelles de forte densité: fécondation des grains plus mauvaise et plus faible remplissage des grains qu'en faible densité. Le manque d'eau est peu sensible sur les parcelles de faible densité: ainsi, si l'on compare les résultats des faibles densités de Brobo et Gagnoa, on constate qu'ils sont équivalents pour toutes les composantes du rendement avec en outre le poids d'un grain supérieur à Gagnoa.

Cet impact du stress hydrique sur les fortes densités est un fait général constaté par exemple en France (Maïscope, 1982) et au Nigéria (Norman *et al*, 1984). Les fortes densités aboutissent à une plus grande stérilité des plants en raison de l'accentuation de la protandrie et de l'ombrage (Barloy, 1983), mais dans les limites de densité de nos essais , ce n'est pas le cas si la pluviométrie est bonne comme à Brobo. L'impact du stress hydrique est par contre très net à ces niveaux de densité.

Il faut donc recommander des faibles niveaux de densité-fumure pour la culture du maïs là où existe un risque de stress hydrique: c'est le cas en Côte d'Ivoire au cours du cycle semé en mars-avril en région centre et pour celui semé en juin en région centre-ouest. La même constatation a été faite pour le riz pluvial en région centre (Gigou, 1987).

Tableau X. Pluviométrie (P) et ETP-Turc (mm).

GAGNOA					BROBO				
JAL	P	ETP	P/ETP	P-ETP	JAL	P	ETP	P/ETP	P-ETP
1-5	29,1	14,7	1,98	14,4	1-10	131,8	28,8	4,58	103,0
6-15	77,0	31,6	2,44	45,4	11-21	26,0	35,5	0,73	-9,5
16-25	107,8	35,7	3,02	72,1	22-31	47,2	29,4	1,61	17,8
26-36	26,7	33,6	0,79	-6,9	32-41	41,8	36,0	1,16	5,8
37-46	11,6	31,2	0,37	-19,6	42-52	208,0	30,6	6,8	177,6
47-56	32,1	36,6	0,88	-4,5	53-62	62,6	28,1	2,23	34,5
57-67	18,4	30,5	0,6	-12,1	63-72	29,6	32,1	0,92	-2,5
68-77	31,2	31,8	0,98	-0,6	73-82	56,0	33,8	1,66	22,2
78-87	168,0	37,1	4,5	130,9	83-92	39,2	31,2	1,26	8,0
88-97	46,6	35,2	1,3	11,4	93-102	48,8	35,7	1,37	13,1

Notre étude ayant eu pour objet l'impact des foreurs sur du maïs cultivé suivant divers systèmes culturaux et étant réduite au maïs, elle ne permet pas d'aborder exhaustivement l'intérêt éventuel de l'association par rapport à la culture pure. il faudrait en effet pouvoir calculer par exemple le "Land Equivalent Ratio" (LER) qui est la somme des rapports (Rendement de la culture dans l'association/rendement de la monoculture) pour chacune des cultures intervenant dans l'association (Willey et Osiru, 1972). Il aurait donc fallu une culture pure d'arachide pour pouvoir aborder cette question. Nos résultats indiquent simplement que, dans les conditions de l'essai, la production de maïs par unité de surface de maïs n'est pas modifiée lorsque l'on passe de la culture pure à la culture associée. Cette dernière correspondait en fait, dans notre expérimentation, à une juxtaposition des deux cultures; ce dispositif peut être intéressant pour limiter les attaques de ravageurs ou assurer la sécurité en diversifiant les risques mais il n'est sans doute pas celui qui exploite le mieux le sol. Francis *et al* (1978), par exemple, adoptent un autre dispositif et d'autres critères de comparaison: ils comparent les productions de l'association et de la culture pure à densité égale de cette dernière, donc, dans leur cas, en rajoutant des haricots entre les plants de maïs et en appliquant la même dose d'engrais à

l'hectare. Ces auteurs indiquent cependant que cette méthode n'est envisageable qu'avec les faibles densités et devient difficile aux densités optimales de la monoculture intensifiée. Dans le cas des faibles densités ils obtiennent des LER supérieurs à 1 et allant jusqu'à 1,68. Salez (1986) ne maintient pas la densité de la culture pure mais augmente toutefois l'occupation du sol dans l'association tout en maintenant la même dose d'engrais à l'hectare: il obtient les meilleurs LER pour des associations regroupant un nombre de plants de maïs correspondant à 62,5% de celui de la culture pure et un nombre de plants de soja correspondant à 61 et 74% de celui de la culture pure. Par contre, Schmidt et Frey (1988), qui ont utilisé le même dispositif que nous mais en vue de comparer le rythme d'alternance des 2 cultures (1 rang-1 rang, 2-2 et 3-3), ont obtenu des LER très voisins de 1 et indiquent que le maïs dans la combinaison 1-1 a beaucoup plus souffert de la compétition de l'arachide pour l'eau dans les périodes de sécheresse.

L'étude de l'intérêt éventuel de l'association tant vis-à-vis des foreurs que du rendement est donc un problème complexe d'une part parce que, comme l'indique Harwood (1979), la culture associée est la moins bien comprise des méthodes culturales et, d'autre part, car le choix du dispositif expérimental peut être la source d'erreurs d'interprétations en particulier au niveau de l'interaction attaques d'insectes-rendement (Hasse, 1981; Parfait et Jarry, 1987). L'essai dont les résultats font l'objet de cet article, qui est le premier du genre en Côte d'Ivoire, doit donc être approfondi en variant les modalités d'association et en abordant l'étude du dispositif expérimental. Il a toutefois d'ores et déjà permis de confronter des situations très variées permettant ainsi de mieux cerner l'intérêt de certaines voies d'intensification. Aucune interaction n'a été constatée entre les divers facteurs d'intensification contrairement par exemple aux résultats de Van Huis au Nicaragua où une synergie entre traitement insecticide et fumure est observée. Enfin, il est possible, au terme de cet essai, de comparer le résultat financier des diverses voies d'intensification du point de vue de la culture du maïs (Tab. XI à XIV). Les éléments de calcul retenus sont les suivants: coût du traitement insecticide de 5000 F CFA/ha, considéré identique pour les deux densités; coût d'un traitement herbicide pour les parcelles bien sarclées de 12600 F CFA/ha; coût de l'engrais NPK de 110 F CFA/Kg et de l'urée de 79 F CFA/Kg (CIDT, 1988); prix d'achat du maïs de 40 F CFA/Kg; le coût de la main d'oeuvre pour les épandages, modique, n'a pas été pris en compte; la semence est gratuite. Puisqu'aucune différence entre culture associée et pure à même niveau d'intensification n'a été décelée, les deux ont été regroupées. On peut donc constater que, dans tous les cas de figure, le choix de la forte densité-fumure produit un gain à Brobo et une perte à Gagnoa (Tab. XI). Le traitement insecticide, très rentable à Gagnoa, ne présente guère

d'intérêt à Brobo où un traitement supplémentaire inutile a été effectué et où la période des traitement n'était pas la plus adéquate (Tab. XII). L'intérêt des traitements insecticides semble plus grand sur les fortes densités mais la forte variabilité n'a pas permis de mettre en évidence des différences significatives. Des études compléméntaires doivent être entreprises pour préciser ce point. L'utilisation d'un herbicide est rentable à Brobo et non à Gagnoa où l'enherbement était faible sur les parcelles mal sarclées (Tab. XIII).

Enfin, malgré cette variation dans les résultats financiers, la combinaison herbicide-insecticide apporte toujours un gain par rapport aux autres combinaisons de ces deux facteurs (Tab. XIV) et est donc à conseiller pour les cultures de maïs semées en juin dans la région centre de la Côte d'Ivoire.. Le passage d'une culture de faible densité-fumure mal sarclée et sans protection insecticide à une culture intensifiée à Brobo produit un gain total de 39620 F/ha (somme de la première ligne du tableau XI et de la dernière du tableau XIV).

Pour les cultures de la région centre-ouest de la Côte d'Ivoire semées en juin pour lesquelles les faibles densités-fumures sont à conseiller, l'usage de traitements insecticides et herbicides apparaît beaucoup moins rentable (gain de 7800 F/ha) et des études complémentaires doivent être entreprises afin d'estimer plus exactement l'intérêt d'une utilisation éventuelle de ces intrants dans des conditions d'enherbement et d'attaques d'insectes variées.

Tableau XI. Résultat financier (F CFA) lors du passage de la faible à la forte densité.

Niveau d'intensification	BROBO	GAGNOA
Mauvais sarclage sans traitement insecticide	24980	-25620
Mauvais sarclage avec traitement insecticide	30380	-13680
Bon sarclage sans traitement insecticide	23540	-25980
Bon sarclage avec traitement insecticide	27300	-15620

Tableau XII. Résultat financier (F CFA) suite à l'usage des traitements insecticides.

Niveau d'intensification	BROBO	GAGNOA
Faible densité	640	10800
Forte densité	5240	21920

Tableau XIII. Résultat financier (F CFA) suite à l'usage d'herbicide.

Niveau d'intensification	BROBO	GAGNOA
Faible densité	11680	-2920
Forte densité	9440	-4120

Tableau XIV. Résultat financier (F CFA) de divers chemins d'intensification à partir d'une parcelle médiocrement sarclée et sans protection insecticide.

Niveau d'intensification	BROBO	GAGNOA
FAIBLE DENSITE		
Mauvais sarclage avec traitement insecticide	-1880	8960
Bon sarclage sans traitement insecticide	9140	-4760
Bon sarclage avec traitement insecticide	12280	7800
FORTE DENSITE		
Mauvais sarclage avec traitement insecticide	3520	20920
Bon sarclage sans traitement insecticide	7720	-5120
Bon sarclage avec traitement insecticide	14640	17800

REMERCIEMENTS
Nous adressons nos remerciements à M. PERUZZI, responsable de la société Roussel-Uclaf, qui a permis la mise en place de

l'essai sur la station de cette société à Brobo. Ces essais ont bénéficié d'une aide financière du Ministère Français de la Recherche et de la Technologie.

REFERENCES

AGPM (Association Générale des Producteurs de Maïs), 1981.- Encyclopédie pratique du maïs. Paris.
ALGANS J.L., DESVIGNES P., 1983.- Action d'un déficit thermique et d'un déficit hydrique simultanés sur le rendement du maïs et ses composantes. *In* Physiologie du maïs. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris: 477-482.
BARLOY J., 1983.- Biologie de l'élaboration du rendement. *In* Physiologie du maïs. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris: 163-180.
BDPA (Bureau Pour la Production Agricole), 1980.- Agroclimatologie de la Côte d'Ivoire. Tome I, Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan. Abidjan: 108 pp.
BOYAT A., TAMDOYAL K., ROBIN P., & KAAN F., 1983. Prolificité en épis et activité nitrate réductase. *In* Physiologie du maïs. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris: 277-286.
CHABALIER P.F., 1985.- Bilan de fumures sous cultures de maïs dans le centre de la Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale, 40 (3): 253-259.
C.I.D.T., 1988.- (Compagnie Ivoirienne pour le Développement du Textile). Rapport annuel (synthèse). Campagne 1987-88. Bouaké: 92 pp.
CLAASSEN M.M. & SHAW R.H., 1970.- Water deficit on corn. II. Grain components. Agronomy journal, 62: 652-655.
FRANCIS C.A., FLOR C.A. & PRAGER M., 1978.- Effects of bean association on yields and yield components of maize. Crop Science, 18: 760-764.
GIGOU J., 1987.- L'adaptation des cultures dans le centre de la Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale, 42 (1): 1-12.
HARWOOD R.R., 1979. Small farm development. Understanding and improving farming systems in the humid tropics. Westview Press, Boulder, Colorado: 160 pp.
HASSE V., 1981.- The influence of vegetational diversity on host-finding and larval survival of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* Guénée (Lepidoptera, Pyralidae). PhD thesis, Justus Liebig University, Giessen.
HUIS A. VAN, 1981. Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen 81-6: 222 pp.
MAISCOPE, 1982.- Les facteurs de rendement. Informations techniques Limagrain, 6: 9-14.
MONTENY B.A & LHOMME J.P., 1980.- Eléments de bioclimatologie. ORSTOM. Multigraph. Adiopodoumé. Côte d'Ivoire. 90 pp.
MOYAL P., 1988a.- Crop losses due to insects in the savannah area of Ivory Coast: a review. Tropical Pest Management, 34 (4): 455-459.

MOYAL P., 1988b.- Les foreurs du maïs en zone des savanes en Côte d'Ivoire. Données morphologiques, biologiques, écologiques. Essais de lutte et relation plante-insecte. ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris: 368 pp.
MOYAL P., 1989.- Essais de lutte chimique contre les foreurs du maïs en zone des savanes de Côte d'Ivoire. A paraître dans L'Agronomie Tropicale. 20 pp.
MOYAL P., 1990.- Intensification de la culture du maïs et attaques de foreurs en Côte d'Ivoire. A- Les populations d'insectes. (Ce document).
NORMAN M.J.T., PEARSON C.J. & SEARLE P.G.E., 1984.- The ecology of tropical food crops. Cambridge University Press: 103-119.
PARFAIT G. & JARRY M., 1987.- Diversité végétale et impact des insectes phytophages: une revue bibliographique des méthodes appliquées au cas des cultures associées. Acta Oecologica-Oecol. Gener., 8 (3): 365-378.
SALEZ P., 1986. Quelques facteurs influençant le comportement du maïs et du soja cultivés en association. L'agronomie tropicale, 41 (2): 101-109.
SCHMIDT G. & FREY E., 1988.- Maize-groundnut intercropping and crop rotation trial 1986. in Nyankpala Agricultural Research Report, 3. Eds Schmidt G. & Mercer- Quarshie H., Ghana: 87-89.
WILLEY R.W. & OSIRU D.S.O., 1972.- Studies of mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. J. Agric. Sci. Camb., 79: 519-529.