

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT
DES SCIENCES DE LA NATURE

INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL

Projet Réseau Africain de Bioscience
(R. A. B) - UNESCO

ADMIS

MENTION BIEN

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

Thème :

**EFFET DE L'ASSOCIATION DE CULTURES SUR LES
FLUCTUATIONS, LES DENSITES DE POPULATIONS, ET LES
DEGATS DES INSECTES INFEODES A L'ARACHIDE, AU NIEBE,
AU SORGHO, ET AU MIL.**

Juin 1991

TAPSOBA Hamado

RESUME

L'effet de l'association de 2 légumineuses (arachide et niébé) avec 2 céréales (sorgho et mil) sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes nuisibles a été étudié à Gampéla et Farako-bâ, en 1990. La présente étude a montré que l'association du niébé et de l'arachide avec le sorgho ou le mil a réduit les densités de populations de *Empoasca dolichi* Paoli sur les 2 légumineuses. De même, les densités de populations de *Maruca testulalis* Geyer, des punaises suceuses des gousses, des méloïdés, et des mouches mineuses des feuilles ont été significativement affectées par l'association du niébé avec les céréales. L'association des 2 légumineuses avec les céréales a également eu pour effet de réduire les dégâts foliaires des thrips, des jassidés, et des insectes broyeur sur l'arachide et le niébé. L'association du sorgho et du mil avec les légumineuses a négativement affecté les populations des homoptères sur les céréales. Elle a aussi réduit les taux d'infestations des plants de mil par les lépidoptères foreurs des tiges. Les associations céréales/légumineuses se sont révélées favorables au développement des populations des insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes), à l'exception de celles des syrphidés. Le développement végétatif et les rendements des 2 légumineuses ont été négativement affectés par l'association de l'arachide et du niébé avec les céréales. Toutefois, les systèmes d'association de cultures se sont montrés globalement plus productifs que les systèmes de cultures pures.

Mots-clé : Association de cultures, arachide, niébé, sorgho, mil, insectes ravageurs, insectes utiles, fluctuations et densités de populations, dégâts, développement végétatif, rendements.



REMERCIEMENTS

Je voudrais exprimer ma sincère reconnaissance et ma profonde gratitude à Dr. Idrissa O. DICKO, mon maître de stage, pour tout son enseignement scientifique et technique, son soutien moral et matériel, et surtout pour la confiance qu'il m'a témoigné tout au long de la préparation de ce mémoire.

Je voudrais également prier Doulaye TRAORE, Alphonse OUEDRAOGO, et tous leurs collègues du Laboratoire de la Protection des Végétaux de Kamboinsé, de bien vouloir trouver ici l'expression de ma sincère et profonde reconnaissance et amitié, eux qui m'ont soutenu deux années durant. Je ne saurais oublier tout ce que vous avez fait pour moi.

A Moussa OUEDRAOGO, Responsable du Musée d'Histoire Naturelle au C.N.R.S.T, j'exprime mes sincères remerciements pour sa précieuse et sincère collaboration et toute sa disponibilité.

Je saisis cette occasion pour remercier Mr. Malick TOU du Laboratoire de la Protection des Végétaux de Bobo-Dioulasso pour sa précieuse collaboration.

Je remercie également Frank O. KAM et Issaka OUANDAOGO, ainsi que tous ceux qui m'ont, de près ou de loin, de quelque manière que ce soit, prodiguer conseils et fait des suggestions.

MERCI

SOMMAIRE

Remerciements	ii.
Liste des tableaux.....	vi.
Liste des figures.....	ix.
INTRODUCTION GENERALE.....	1

Première partie REVUE DE LITTÉRATURE

Chapitre I. L'arachide, *Arachis hypogaea* L.

Introduction	4
1. Origine et systématique.....	4
2. Botanique.....	4
3. Ecologie et physiologie.....	5
4. La culture de l'arachide.....	5
5. Utilisation de l'arachide.....	6
6. Les ravageurs et maladies de l'arachide dans le Sahel	6.
6.1. Les ravageurs du feuillage de l'arachide.....	6
6.2. Les ravageurs terrioles	8
6.3. Les insectes ravageurs de l'arachide stockée.....	10
6.4. Les maladies de l'arachide.....	10
6.5. L'infection de l'arachide par l'aflatoxine et les autres mycotoxines.....	11
6.6. Les adventices de l'arachide.....	11

Chapitre II. LE NIEBE, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Introduction	13
1. Origine et botanique.....	13
2. Écologie et physiologie.....	14
3. La culture du niébé	15
4. Utilisations du niébé	15
5. Les insectes nuisibles au niébé	16
5.1. Les insectes nuisibles aux plantules.....	17
5.2. Les insectes nuisibles au stade début reproduction.....	19
5.3. Les insectes nuisibles au stade pleine reproduction.....	20
5.4. Les insectes ravageurs du niébé stocké	23
6. Les maladies du niébé	24
7. Les adventices du niébé.....	25

Chapitre III. Le Sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Introduction	27
1. Origine.....	27

2. Systématique et Morphologie.....	27
3. Écologie.....	28
4. Croissance et développement.....	28
5. La culture du sorgho.....	29
6. Utilisation du sorgho.....	30
7. Les ravageurs et maladies du sorgho dans le Sahel.....	30
7.1. Les insectes ravageurs du sorgho.....	30
7.2. Les maladies du sorgho.....	34
7.3. Les adventices des cultures de sorgho.....	34

Chapitre IV. LE MIL, *Pennisetum thyphoides* (Burm.) Staph & Hubbard

Introduction.....	35
1. Écologie.....	35
2. Le développement végétatif.....	35
3. Développement reproductif.....	36
4. Culture.....	36
5. Utilisation du mil.....	36
6. Les ravageurs et maladies du mil dans le Sahel.....	37
6-1. Les insectes ravageurs du mil.....	38
6.2. Les maladies du mil dans le Sahel.....	40
6.3. Les adventices du mil.....	41
6.4. Les oiseaux granivores.....	41

Chapitre V. L'ASSOCIATION DE CULTURES

Introduction.....	42
Importance de la pratique de l'association de cultures.....	42
Avantages et inconvénients de l'association de cultures.....	42
L'association de cultures et le contrôle des ravageurs.....	45
L'hypothèse des ennemis naturels.....	48
L'hypothèse de la concentration des ressources.....	49
L'association de cultures et la lutte intégrée.....	50
Deuxième partie.....	55

Deuxième partie EXPERIMENTATIONS, RESULTATS ET DISCUSSIONS

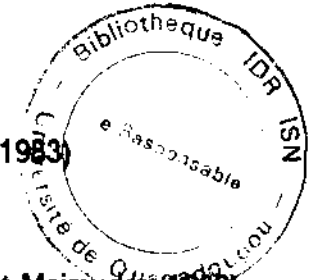
Chapitre VI. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide au champ

Introduction.....	56
Matériels et méthodes.....	56
Sites expérimentaux.....	56
Dispositif expérimental.....	56
Pratiques culturales.....	57

Echantillonnage des populations des insectes.....	57
Identification des insectes.....	57
Quantification des dégâts des insectes nuisibles.....	58
Indice foliaire et accumulation de matière sèche.....	59
Détermination des rendements.....	59
Analyses statistiques.....	60
Résultats et discussions.....	60
Les insectes ravageurs.....	61
Les insectes utiles.....	65
Accumulation de matière sèche.....	66
Rendements en gousses de l'arachide.....	66
Conclusions.....	67
Chapitre VII. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés au niébé au champ	
Matériels et méthodes.....	88
Résultats et discussion.....	89
Les insectes ravageurs.....	89
Les insectes prédateurs et parasitoïdes.....	94
Accumulation de la matière sèche par les plants de niébé.....	96
Les rendements en gousses du niébé.....	97
Conclusions.....	97
Chapitre VIII. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés au sorgho au champ	
Matériels et méthodes.....	120
Résultats et discussion.....	122
Les insectes ravageurs.....	122
Les arthropodes utiles.....	123
Les rendements en grains du sorgho.....	124
Conclusions.....	124
Chapitre IX. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés au mil au champ	
Matériels et méthodes.....	131
Résultats et discussion.....	131
Les insectes ravageurs.....	131
Les arthropodes utiles.....	132
Les rendements en grains du mil.....	133
Conclusions.....	133
CONCLUSION GENERALE.....	139
BIBLIOGRAPHIE.....	141

Liste des tableaux

Tableau	Page
1. Composition du niébé en éléments nutritifs essentiels (Viaud, 1983)	16
2. Teneurs du niébé en certains acides aminés (Bressani, 1985)	16
3. Composition chimique moyenne de la farine de mil (Kenneth et Majmudar, 1980)	37
4. Effets possibles de l'association de cultures sur les populations d'insectes ravageurs (Hasse et Litsinger, 1981)	54
5. Échelle d'estimation visuelle de la sévérité des infestations par les aphides (Jackai et Singh, 1988)	68
6. Échelle d'estimation visuelle des dégâts des jassides (Jackai et Singh, 1988)	68
7. Densités moyennes de populations de thrips dans les bourgeons et les fleurs de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	69
8. Densités moyennes de populations de thrips et d'aphides dans les bourgeons terminaux et les fleurs de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Farako-bâ, 1990.	70
9. LAI moyens de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	71
10. Dégâts moyens des thrips, des jassidés, et des broyeurs du feuillage sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou l'arachide, 1990.	72
11. Densités moyennes d'insectes phytophages sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	73
12. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur l'arachide en cultures pures et en association avec le sorgho, Farako-bâ, 1990.	74
13. Densités moyennes de populations des insectes ravageurs (Ravageurs), des insectes utiles (Utiles) et tous les insectes (Total) sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	75
14. Pourcentages moyens de gousses endommagées par les iules et les termites sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.	76
15. Densités moyennes de populations d'insectes prédateurs sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	77
16. Densités moyennes de populations d'insectes parasitoïdes sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	78
17. Poids moyens de la matière sèche accumulée par les plants d'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.	79
18. Rendements moyens de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.	79

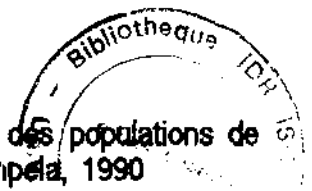


19. Densités moyennes de populations de thrips et d'aphides dans les bourgeons terminaux du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	98
20. Densités moyennes de populations de thrips et de larves de lépidoptères dans les fleurs du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	99
21. LAI moyens du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	100
22. Densités moyennes de populations de thrips et d'aphides dans les bourgeons et les fleurs du niébé en culture pure et en association avec le sorgho, Farako-bâ, 1990	101
23. Dégâts moyens des thrips, des jassidés et des broyeur sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.	102
24. Densités moyennes de populations de <i>Empoasca dolichi</i> Paoli et des punaises suceuses des gousses (<i>Anoplocnemis curvipes</i> , <i>Acanthomia</i> spp., <i>Riptorpus dentipes</i>) sur le niébé en cultures pures et en association avec le sorgho, Gampéla, 1990.	103
25. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le niébé en cultures pures et en association avec le sorgho, Farako-bâ, 1990.	104
26. Dégâts moyens des punaises suceuses des gousses 61 jours après les semis du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	105
27. Densités moyennes d'insectes phytophages sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	106
28. Densités moyennes de populations des insectes ravageurs (Ravageurs), des insectes utiles (Utiles) et tous les insectes (Total) sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	107
29. Densités moyennes de populations d'insectes prédateurs sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	108
30. Densités moyennes de populations d'insectes parasitoïdes sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	109
31. Poids moyens de la matière sèche accumulée par les plants de niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.	110
32. Rendements moyens du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.	110
33. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampéla, 1990.	126
34. Densités moyennes de populations d'insectes et d'acariens dans les panicules du sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampéla, 1990.	127

35. Dégâts moyens des lépidoptères foreurs de tiges sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	128
36. Densités moyennes de populations d'insectes utiles sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	129
37. Rendements moyens du sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, 1990.	130
38. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	134
39. Densités moyennes de populations d'insectes et d'acariens dans les épis du mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	135
40. Dégâts moyens des lépidoptères foreurs de tiges sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	136
41. Densités moyennes de populations des arthropodes utiles sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	137
42. Rendements moyens du du mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.	138

Liste des figures

Figure	Page
1. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de thrips dans les bourgeons terminaux de l'arachide, Gampela, 1990	80
2. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution de la foliaire de l'arachide, Gampela, 1990	80
3. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de <i>Empoasca dolichi</i> Paoli sur l'arachide, Gampela, 1990	81
4. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution des dégâts des broyeur du feuillage (Coléoptères, Lépidoptères et Orthoptères) sur l'arachides, 1990	81
5. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de tous les insectes ravageurs sur l'arachide, Gampela, 1990	82
6. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des coléoptères prédateurs (Carabidés, Cicindelidés, Coccinelidés et Staphilinidés)	82
7. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des hémiptères prédateurs (Reduviidés, Nabidés et Anthocoridés) sur l'arachide, Gampela, 1990	83
8. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Dolichopodidés (Diptera) sur l'arachide, Gampela, 1990	83
9. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Syrphidés (Diptera) sur l'arachide, Gampela, 1990	84
10. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations d'Ichneumonidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990	84
11. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Braconidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990	85
12. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Chalcidoidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990	85
13. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations d'insectes utiles (prédateurs et parasitoides) sur l'arachide, Gampela, 1990	86
14. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de tous les insectes (ravageurs, prédateurs et parasitoides) sur l'arachide, Gampela, 1990	86
15. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur le rendement en gousses de l'arachide, 1990	87
16. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de thrips dans les bourgeons terminaux du niébé, Gampela, 1990	111
17. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution de la foliaire du niébé, Gampela, 1990	111



18. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de <i>Empoasca dolichi</i> Paoli sur le niébé, Gampéla, 1990	112
19. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des punaises suceuses des gousses (<i>Acanthomia</i> sp., <i>Anonlocnervis curvipes</i> , <i>Riptorpus dentipes</i>) sur le niébé, Gampéla, 1990	112
20. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de méloïdés sur le niébé, Gampéla, 1990	113
21. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution des dégâts des broyeurs du feuillage (Coléoptères, Lépidoptères et Orthoptères) sur le niébé, 1990	113
22. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des agromyzidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	114
23. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes ravageurs sur le niébé, Gampéla, 1990	114
24. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de coléoptères prédateurs sur le niébé, Gampéla, 1990	115
25. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des hémiptères prédateurs sur le niébé, Gampéla, 1990	115
26. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des dolichopodidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	116
27. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des syrphidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	116
28. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des ichneumonidés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	117
29. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des braconidés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	117
30. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des chalcidoïdés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990	118
31. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur le niébé, Gampéla, 1990	118
32. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes (ravageurs, prédateurs, parasitoïdes) sur le niébé, Gampéla, 1990	119
33. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les rendements en gousses du niébé, 1990	119
34. Effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les rendements en grains du sorgho, 1990	130
35. Effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les rendements en grains du mil, Gampéla, 1990	138

INTRODUCTION GENERALE

L'atteinte de l'auto-suffisance alimentaire est aujourd'hui un des plus grands défis auquel fait face l'ensemble des pays du Sahel, en général, et le Burkina Faso, en particulier. La demande sans cesse croissante par une population galopante, dans des conditions climatiques incertaines, rend la réforme des techniques et des politiques agricoles nécessaire, voire même urgente, si des millions d'Hommes doivent survivre.

Plusieurs stratégies ont été proposées pour accroître la production agricole. Ce sont, entre autres, l'accroissement des surfaces cultivées, l'utilisation des engrais, le développement de variétés à hauts rendements, les réformes agraires, l'utilisation plus efficace de l'eau et la réduction des pertes dues aux ravageurs. En effet, dans le contexte sahélien où, selon Pimentel et Andow (1984), les pertes dues aux ravageurs de tous ordres peuvent atteindre 34% des rendements potentiels, la protection des cultures doit jouer un rôle plus important dans les efforts pour relever le défi. Et, face à l'échec de la lutte chimique et au faible niveau économique de l'agriculture sahélienne, la nécessité, voire l'urgence, de la recherche de moyens de protection efficaces, économiquement rentables, et inoffensifs pour l'environnement est devenue impérieuse. C'est cela qui fait, justement, de la recherche sur la lutte intégrée une priorité tant au Burkina Faso que pour le reste du Sahel.

Une des plus anciennes stratégies de la lutte intégrée est le système de culture; c'est à dire l'arrangement spatio-temporel des cultures et l'ensemble des techniques agricoles utilisées. Or, dans la zone sahélienne, voire dans la quasi totalité des zones tropicales et subtropicales, l'association des cultures occupe une place prépondérante dans les systèmes de cultures tant par les superficies que par le rang que tiennent les cultures impliquées dans l'alimentation des populations humaines. Dans l'agriculture sahélienne cette pratique implique principalement le sorgho, le maïs, le mil, le niébé et l'arachide, cinq cultures dont l'importance est sans doute évidente, d'autant plus qu'elles constituent la base de l'alimentation des populations et, souvent même, sont des cultures de rente (cas de l'arachide). Mais l'association des cultures n'a pas bénéficié très tôt de l'attention qu'elle méritait tant les politiques agricoles et la recherche agronomique accordaient toute leur faveur à la monoculture, surtout de rente, négligeant tout le savoir des paysans et tout ce qui est lié à l'agriculture de subsistance. Par la suite, l'attention qui a été enfin accordée aux systèmes d'association des cultures est restée, néanmoins, partielle, ne s'intéressant qu'aux aspects purement agronomiques. En effet, la recherche agronomique a beaucoup plus porté son intérêt sur des aspects comme la protection du sol, l'amélioration de la fertilité du sol, l'amélioration des rendements et l'utilisation plus efficace de l'eau et de la lumière.

Les aspects concernant la défense et la protection des cultures, sans avoir été négligés, n'ont pas retenu du tout l'attention des chercheurs. Généralement, cela s'est limité à des observations secondaires et à la formulation d'hypothèses sur l'éventuelle contribution de la diversification des cultures dans la lutte contre les adventices, les maladies et les insectes, du fait des modifications induites dans l'agro-écosystème. Au Burkina Faso, exceptés les travaux de l'ICRISAT depuis 1974, et ceux de l'IITA/SAFGRAD depuis 1980, beaucoup de choses restent à faire dans le domaine de la défense des cultures et plus particulièrement dans l'étude de l'impact de l'association des cultures sur l'entomofaune des cultures. C'est dans un tel cadre que la présente étude vient comme une contribution à l'investigation d'un domaine qui, en dépit de son importance incontestée n'a pas bénéficié pendant longtemps de l'attention nécessaire.

Cette étude se veut être une étude horizontale. Elle ne s'intéresse pas à un insecte donné en particulier. Mais elle veut, plutôt, prendre en compte les principaux insectes (ravageurs, prédateurs et parasitoides) couramment rencontrés sur les différentes cultures impliquées dans un système de monoculture ou d'association. L'étude voudrait porter, d'une part, une appréciation qualitative; c'est à dire identifier les différentes unités taxinomiques (ordres, familles, genres et voire même espèces) qui pourraient être rencontrées dans chacun des deux types agro-écosystèmes étudiés. D'autre part, elle voudrait aussi porter une appréciation quantitative; en d'autres termes, déterminer dans un premier temps les unités taxinomiques dominantes dans chaque agro-écosystème (répartition spatiale). Et, dans un second temps, pour chaque unité taxinomique, mesurer les fluctuations des niveaux de populations en fonction des stades phénologiques des cultures (répartition temporelle).

L'objectif principal de la présente étude a été de tenter de déterminer l'impact de l'association des cultures sur la diversité, les densités et les fluctuations des populations des principaux insectes (ravageurs, prédateurs et parasitoides) inféodés au niébé, à l'arachide, au sorgho, et au mil dans deux sites écologiques différents, à savoir Gampéla (Ouagadougou) et Farako-bâ (Bobo-Dioulasso). Pour cela, nous avons choisi de :

- (a) quantifier l'effet de l'association des cultures sur le nombre d'espèces d'insectes nuisibles à chaque culture.
- (b) quantifier l'effet de l'association des cultures sur le nombre d'espèces d'insectes utiles sur chaque culture.
- (c) déterminer les degrés de corrélation entre les populations d'insectes nuisibles et celles d'insectes utiles dans les parcelles de cultures associées et les parcelles de cultures pures.
- (d) déterminer les différents taux de populations des insectes utiles et des insectes nuisibles correspondant aux stades phénologiques critiques des cultures.
- (e) comparer les dégâts des insectes nuisibles dans les parcelles de cultures associées et les parcelles de cultures pures.
- (f) déterminer l'effet de l'association des cultures sur les pertes réelles des rendements en gousses et en graines dues aux attaques des insectes nuisibles.
- (g) tester dans l'écosystème sahélien les hypothèses écologiques proposées pour expliquer l'influence de la diversification des cultures sur la dynamique des insectes.

Les finalités de la présente étude sont, d'une part, de déterminer les meilleurs types d'association pour améliorer cette pratique ancienne et la vulgariser à nouveau auprès du monde paysan; et d'autre part, de poser les ébauches d'un système de lutte intégrée pouvant être adopté et appliqué par l'agriculteur sahélien.

Première partie

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. L'arachide, *Arachis hypogaea* L.

L'arachide est aujourd'hui la douzième culture importante du monde, occupant quelques 19 millions d'hectares dans les régions tempérées et tropicales limitées de part et d'autre de l'équateur par les latitudes 40° (Moss et al., 1990). En Afrique de l'Ouest elle est une importante culture de rente et constitue, à l'instar du niébé une source non négligeable de protéines végétales pour les populations sahéniennes. Dans cette zone, l'arachide est presque la principale source d'huile de cuisine. Elle atteint sa plus forte concentration dans les savanes soudanaises et nord soudanaises (Kassam, 1976). Récemment elle a vu sa diffusion limitée par la sécheresse (zones semi-arides), et des attaques d'une maladie virale, la "rosette" (zones humides) (Gillier, 1978). Au Burkina Faso, où la production annuelle est estimée à 100 000 tonne d'arachide en coques, le rendement moyen national est de l'ordre de 482 Kg/ha (Sankara et Minoungou, 1990). Les principales zones de production au Burkina Faso sont les régions Est, sud-Ouest, Centre et Centre-Est, recevant 700 à 1200 mm d'eau par an.

1. Origine et systématique

Arachis hypogaea L. est une plante annuelle de la famille des papilionacées originaire de la zone tropicale d'Amérique du Sud et probablement du Brésil (Ochse et al., 1970). Le genre *Arachis* est classé avec les genres qui lui sont apparentés (*Stylosanthes*, *Chapmannia*, *Arthrocarpus* et *Pachecoa*) dans la sous-tribu des Stylosanthinae de la tribu des Aeschynomeneae de l'ordre des Leguminosae (Smartt et Stalker, 1982; Moss et al., 1990). Le genre *Arachis* est morphologiquement bien défini et clairement délimité des parents proches par le développement des gynophores et des géocarpes (Smartt et Stalker, 1982).

2. Botanique

A. hypogaea est une plante annuelle à port érigé, ascendant ou traînant, de 15 à 75 cm de haut, avec des tiges ramifiées à leur base, légèrement poilues et s'enracinant lorsqu'elles touchent le sol (Ochse et al., 1970). Si les branches sont dressées, la plante est de type érigé et lorsqu'elles sont horizontales, la plante est de type rampant. Les groupes Spanish et Valencia sont érigés et tendent à mûrir plus tôt que le groupe Virginia qui comprend à la fois des types érigés et des types rampants. La distinction entre "érigé" et "rampant" n'est pas absolue, certaines variétés étant de type intermédiaire ou semi-érigé (Chapman et Carter, 1976).

Les feuilles sont habituellement pennées avec deux paires de folioles. Celles-ci sont oblongues à ovales ou obovales, de 4 à 8 cm de long, obtuses ou courtement pointues à l'apex avec des bords entiers.

La fleur de *A. hypogaea* est morphologiquement typique de celle des papilionacées. Les fleurs sont sessiles avec un calice formant un long tube mince portant la corolle (Chapman et Carter, 1976). La corolle, de couleur jaune, a un diamètre de 0,9 à 1,4 cm avec un large étendard souvent rayé de violet (Ochse et al., 1970). Généralement les fleurs sont auto-pollinisées et après la pollinisation le périgone se fane.

L'arachide a un système racinaire relativement profond avec un système racinaire secondaire (latérale) bien développé. Lorsqu'elles sont correctement inoculées les racines forment des nodules.

Le fruit est une gousse bi, tri et parfois quadri-graine selon les variétés.

3. Ecologie et physiologie

L'arachide prospère mieux en climat chaud. La gamme des températures, de l'altitude et des besoins en eau sont en parallèle avec ceux du maïs, si bien que l'arachide est cultivée approximativement de 40° Nord à 40° Sud de latitude (Ochse et al., 1970; Moss et al., 1990).

L'arachide a de gros besoins en chaleur. Les températures externes favorables sont nécessaires pour la germination. Quoique celle-ci puisse avoir lieu à des températures allant de 5 à 40° C, la température optimale pour la germination et le développement des plantules se situe autour de 30 et 35° C (Ketring et al., 1982). Pendant les phases de croissance et de développement il faut à l'arachide des températures comprises entre 24 et 33° C, avec un optimum se situant autour de 28° C (Chapman et Carter, 1976).

La distribution de l'humidité est très importante. La plante d'arachide a besoin d'une humidité adéquate tout au long de la saison de culture. Les besoins en eau sont plus critiques pendant la floraison et la fructification (Henning et al., 1982; Chapman et Carter, 1976). Les déficits hydriques réduisent la production de matière sèche des parties végétatives aussi bien que le taux de croissance de la plante (Kenneth et al., 1982). Par exemple, une sécheresse survenant tôt dans la saison de culture (35 à 70 jours après les semis) a un effet relativement faible sur le rendement en gousses (réduction de l'ordre de 14%); alors que survenant de 71 à 105 jours après les semis elle peut provoquer des pertes de l'ordre de 37% (Ketring et al., 1982). De même les excès d'humidité (sols saturés ou inondés) et les hautes températures réduisent les rendements, et dans ces conditions, les types érigés (Valencia et Spanish) réussissent mieux que les types rampants et semi-érigés (Chapman et Carter, 1976).

Pendant la germination le développement des racines est gêné par la lumière; au cours de la fructification la lumière retarde la croissance des gynophores et les fruits ne se développent qu'à l'obscurité (Gillier et Sylvestre, 1969).

Le nombre de jours avant floraison dépend de la variété et de l'altitude (ou de la latitude) de la région de culture (Ochse et al., 1970).

Les sols les plus convenables pour l'arachide sont les sols légers, légèrement sableux ou sablo-argileux (Henning et al., 1982). L'arachide tolère l'acidité du sol et n'est pas affectée par la toxicité aluminique (Chapman et Carter, 1976). L'optimum de pH se situe entre 6,0 et 6,5 (Chapman et Carter, 1976). Le sol doit permettre un bon drainage, une bonne aération, une pénétration facile des gynophores et un arrachage aisé à la récolte (Ministère de la coopération, 1984).

4. La culture de l'arachide

Dans la pratique traditionnelle ouest-africaine l'arachide est généralement cultivée dans des associations de 2 à 6 espèces végétales impliquant le sorgho, le maïs, le mil, le niébé, le coton, d'autres légumineuses et même des plantes à tubercules (Kassam, 1976). Cependant les associations les plus dominantes sont celles avec le sorgho, le mil et le niébé. Des études dans la savane nord guinéenne montrent que seulement 16% de la surface totale en arachide le sont en culture pure, alors que 75% de cette surface sont en cultures associées avec 2 à 4 espèces végétales (Kassam, 1976). Néanmoins, au

Sénégal, où l'arachide occupe 45% des superficies cultivées, la culture pure est dominante.

En culture traditionnelle, les espacements varient selon le type d'association. En culture pure, les semis se font généralement sur billon à des densités de 0,3-0,4 x 04,-,05 m (Ochse et al., 1970).

Dans les associations avec le sorgho, le mil et le maïs, le rendement de l'arachide est généralement bas à cause de l'ombrage et la pratique traditionnelle consiste à réduire la population de la céréale à environ 3000 à 6000 pieds à l'hectare, et à élever celle de l'arachide (Kassam, 1976).

5. Utilisation de l'arachide

Une proportion non négligeable de la production d'arachide est consommée directement en arachide de bouche, sous forme grillée, bouillie et parfois salée, décortiquée ou non. Un certain nombre de variétés sont adaptées à cet usage. Ce sont par exemple : A 124 b, GA 119-20, 73-27, 73-28, 738 A.

L'arachide constitue une importante source de protéines pour des millions de personnes qui ne peuvent s'offrir les protéines animales. Les graines d'arachide contiennent 22 à 30% de protéines (Ahmed et Young, 1982). Mais des variétés dont les graines peuvent donner 25 à 95% de protéines ont déjà été expérimentalement développées (McWattier et Cherry, 1982). Les teneurs des graines en acides aminés varient selon la variété, la localité, l'année et la durée de maturation; les quantités d'acides aminés libres décroissent alors que celles des protéines augmentent avec l'allongement de la période de maturation des graines (Ahmed et Young, 1982).

La teneur en matières grasses des graines est de 44 à 56% (Ochse et al., 1970; Ahmed et Young, 1982). L'huile d'arachide est excellent pour la cuisine et les salades. Elle est également utilisée en savonnerie. Après l'extraction de l'huile, les graines donnent des tourteaux servant à la fabrication de gâteaux en confiserie mais aussi à l'alimentation animale.

Les graines d'arachide contiennent seulement 9 à 12% d'hydrates de carbone; elles contiennent également de la riboflavine, de la thiamine et de la niacine (Ochse et al., 1970).

L'arachide est également fréquemment cultivée pour le fourrage, l'ensilage, le pâturage et le foin.

6. Les ravageurs et maladies de l'arachide dans le Sahel

L'arachide est attaquée par divers arthropodes dont les plus communs appartiennent aux trois classes suivantes : insectes, myriapodes et arachnides. Ces arthropodes occupent deux types distincts d'habitats à savoir le feuillage des plants d'arachide et le sol. Selon Smith et Barfield (1982), plus de 300 arthropodes ravageurs de l'arachide sont connus de part le monde. La plupart de ces ravageurs sont polyphages et extrêmement mobiles, ce qui leur confère une distribution géographique importante.

6.1. Les ravageurs du feuillage de l'arachide

Smith et Barfield (1982) repartissent les ravageurs du feuillage de l'arachide en deux principaux groupes. Le premier groupe comprend les ravageurs qui broient les feuilles avec leurs mandibules; et le second inclut ceux qui extraient le contenu cellulaire des tissus foliaires par aspiration à l'aide de leurs pièces buccales de type piqueur-suceur. Le premier groupe se compose essentiellement de larves de lépidoptères, larves et adultes de coléoptères et des orthoptères. Le second renferme les acariens, les thysanoptères, les homoptères et les hémiptères.

Les broyeur du feuillage. La plupart des ravageurs qui broient les feuilles des plants d'arachide appartiennent à l'ordre des lépidoptères. Les familles plus importantes de ces lépidoptères sont les suivantes : Arctiidae, Noctuidae, Pyralidae et Gelechiidae (Smith et Barfield, 1982). En Afrique, les lépidoptères défoliateurs de première importance appartiennent à la famille des Noctuidae. Il s'agit particulièrement de *Spodoptera eximata* Wlk., *S. exigua* (Hub.), *S. littoralis* (Boisd.), *S. litura* (F.) et *Heliothis armigera* Wlk. (Smith et Barfield, 1982; Mercer, 1978; Kranz et al., 1981; Schmutterer, 1969). Des espèces d'autres familles sont également recensées. Il s'agit, par exemple, de *Marua testulalis* Geyer (Pyralidae), *Dasyohira georgiana* Fawe (Liparidae), *Euproctis fasciata* Walker (Liparidae), *Orgyia mixta* Snell (Liparidae) et *Hippotion celerio* (Sphingidae) (Misari, 1975; Kranz et al., 1981).

Parmi les coléoptères qui broient les feuilles des plantes d'arachide, l'on distingue surtout les espèces de la famille des Chrysomelidae telles que *Ootheca mutabilis* Sahlberg, *Medythia quaterna* (Fairmaire), *Monolepta* spp. et *Podagrica* spp. (Smith et Barfield, 1982; Mercer, 1978). Mais aussi des Meloidae (*Nylabris* spp., *Coryna apicicornis* Guerin-Meneville) et des Coccinellidae (*Epilachna similis*) (Smith et Barfield, 1982; Schmutterer, 1969; Kranz et al., 1981).

Les orthoptères, qui se rencontrent régulièrement sur les feuilles des plants d'arachide sont les espèces suivantes : *Kraussaria angulifera* (Krauss), *Zonocerus variegatus* (Thunberg), *Schistocerca gregaria* Forkal et *Locusta migratoria migratorioides* Reiche & Fairmaire (Smith et Barfield, 1982; Schmutterer, 1969; Kranz et al., 1981; Mercer, 1978).

Les défoliateurs sont en général, des ravageurs occasionnels ou secondaires, mais pouvant se révéler être de sérieux ravageurs dans des conditions géographiques et stades phénologiques précis des plants (Smith et Barfield, 1982). Selon les mêmes auteurs, le rendement de l'arachide est sensible à la défoliation lorsque celle-ci a lieu entre 70 et 80 jours après l'émergence. La consommation des fleurs par les défoliateurs aurait peu d'effets sur la production de gousses et le rendement final, sauf si elle a lieu dans les quatre heures qui suivent l'anthèse. En effet l'ouverture de la fleur et la pollinisation ont lieu presque simultanément durant les premières heures matinales, de sorte que la fenêtre de dommage est limitée à seulement quatre heures par jour.

Au point de vue lutte, plusieurs ennemis naturels des lépidoptères défoliateurs ont été recensés dans certaines régions du monde. Berberet (1975) a identifié 35 espèces de parasitoides de 12 lépidoptères ravageurs de l'arachide et Pair et al. (1986) en ont recensé 19.

Les piqueur-suceurs des tissus foliaires. Les arthropodes ravageurs appartenant à ce groupe endommagent directement l'arachide en suçant le contenu cellulaire des tissus foliaires ou indirectement en transmettant de nombreuses maladies. Les dégâts peuvent se traduire par une perte significative des rendements selon l'intensité des infestations, le stade phénologique attaqué et les conditions physiques environnementales (Smith et Barfield, 1982). Dix sept espèces de thrips (Thysanoptera : Thripidae) ont été recensées à travers le monde comme nuisibles à l'arachide (Denier et al., 1982). Parmi ces espèces celles qui attaquent l'arachide en Afrique sont les suivantes : *Haplothrips gallarum* Priesner, *Sericothrips' occipitalis* Hood, *Megalurothrips sjostedti* (Tryb.) et *Caliothrips indicus* Bagnall (Smith et Barfield, 1982; Mercer, 1978; Kranz et al., 1981).

Des homoptères qui attaquent les feuilles des plantes d'arachide, il y a principalement les

aphides (Aphididae) et les Jassides (Jassidae). Les aphides se nourrissent des bourgeons terminaux environ un mois après les semis jusqu'à peu avant la floraison. Plus tard ils migrent sur les fleurs et peuvent gêner sérieusement la formation des gousses (Vora et al., 1985). Mais leur importance est principalement liée au fait qu'ils véhiculent plusieurs virus phytopathogènes. *Aphis craccivora* Koch, aphide de première importance dans plusieurs régions, transmet à lui seul près de 30 virus pathogènes dont les dégâts peuvent être importants (Kranz et al., 1981). En Afrique, *A. craccivora* est le principal vecteur du virus de la rosette de l'arachide et les stades immatures aussi bien que adultes peuvent véhiculer la maladie (Mercer, 1978). Outre *A. craccivora*, d'autres aphides rencontrés sur l'arachide en Afrique sont les suivants : *A. gossypii* Glover, *Myzus persicae* Sulzer et *Tetraneura nigriabdominalis* (Sasaki) (Smith et Barfield, 1982; Mercer, 1978; Schmutterer, 1969).

Parmi les insectes de la famille des Jassidae nous pouvons citer ceux du genre *Empoasca* (*E. dolichi* Paoli, *E. facialis* Jacobi, *E. flavescens* (F.)) et ceux du genre *Cicadulina* (*C. arachidis* China, *C. similis* China) (Smith et Barfield, 1982; Kranz et al., 1981; Mercer, 1978). Il faut également ajouter d'autres homoptères comme *Hilda patruelis* Stal (Tettigometridae), *Poophilus* spp. (Cercopidae) (Smith et Barfield, 1982). Les infestations intenses par ces insectes peuvent occasionner des pertes de vigueur des plants et une mauvaise fructification.

Dans l'ordre des hémiptères plusieurs espèces piquent et sucent le feuillage de l'arachide. Ces insectes appartiennent à diverses familles dont celles des Miridae (*Adelphocoris* sp., *Halticus tibialis* Reuter, *Creontiades pallidus* (Rambur)), des Pentatomidae (*Nezara viridula* L., *Piezoderus* spp., *Agonoscellis* spp., *Aspavia armigera* F., *Afrus figuralis* Germar), des Lygaeidae (*Aphanus apicalis* (Dallas), *A. sordidus* (F.), *Lygaeus rivularis* Germar, *Naphius zavattarii* (Mancini), des Pyrrhocoridae (*Dysdercus* spp.), des coreidae (*Anoplocnemis curvipes* F.) et des Alydidae (*Mirperus jaculus* Thunberg) (Smith et Barfield, 1982; Kranz et al., 1981; Mercer, 1978; Schmutterer, 1969).

Plusieurs espèces d'acariens attaquent le feuillage ou les parties souterraines de l'arachide. Celles habitant le sol sont impliquées dans la diffusion des maladies fongiques des gousses (Smith et Barfield, 1982). Les espèces d'acariens nuisibles à l'arachide en Afrique appartiennent au genre *Tetranychus* (*Tetranychus urticae* Koch et *T. cinnabarinus* (Boisd.)) (Mercer, 1978; Schmutterer, 1969). Ces espèces sont dévastatrices durant les périodes chaudes et sèches et dans les cas de populations importantes elles peuvent provoquer des pertes considérables de rendement (Smith et Barfield, 1982). Les acariens ravageurs sont attaqués par des champignons pathogènes, des insectes prédateurs et par d'autres acariens. Parmi les champignons, Smith et Barfield (1982) citent le cas de *Entomophthora* spp. dont la destruction par les fongicides, appliqués pour le contrôle des maladies fongiques de l'arachide peut entraîner l'accroissement des populations d'acariens ravageurs.

6.2. Les ravageurs terricoles

Les principaux arthropodes terricoles attaquant les plants d'arachide appartiennent aux deux ordres suivants : l'ordre des isoptères et celui des diplopodes.

Plusieurs espèces de termites ont déjà été recensées en tant que nuisibles aux parties souterraines de l'arachide en Afrique. Ce sont essentiellement, selon Johnson et Gumel (1981) et

Johnson et al. (1981) :

- Famille des Termitidae :
- Amitermes evuncifer silvestri*
 - Ancistrotermes crucifer* (Sjostedt)
 - Macrotermes bellicosus* (Smaethman)
 - Macrotermes natalensis* Haviland
 - Microtermes parvulus* Sjostedt
 - Microtermes thoracalis* Sjostedt
 - Ondotermes vulgaris* (Haviland)
 - Trinervitermis geminatus* (Wasmann)
- Famille des Hodotermitidae :
- Hodotermes massambicus* (Hagen)

Les termites consomment les racines tendres et les enterrées de la tige. Si les racines sont attaquées, la plante jaunit, tandis que lorsque les dommages portent sur la tige, la plante se dessèche et peut être facilement arrachée (Smith et Barfield, 1982). Les gousses et souvent les graines sont également attaquées dès leur formation. Les termites rongent la coque de la gousse qui est dite alors scarifiée. Parfois elles peuvent pénétrer à l'intérieur de la gousse pour consommer les graines qui sont alors remplacées par de la boue (Johnson et Gumel, 1981). A ces dommages directs, qui peuvent avoir des incidences dévastatrices sur les rendements en gousses, s'ajoute un dommage indirect de très grande importance qui est de favoriser l'infection des gousses par des champignons. Les champignons les plus fréquemment rencontrés dans les champs d'arachide appartiennent aux genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Macrophomina* et *Rhizoctonia* (Denier et al., 1982; Johnson et Gumel, 1981; Johnson et al., 1981). La plupart de ces champignons produisent des toxines dangereuses pour l'Homme et les animaux qui consomment les produits qui les contiennent (Denier et al., 1982).

Les espèces de diplopedes attaquant les plants d'arachide en Afrique appartiennent principalement à deux familles de l'ordre des Julida. Il s'agit de la famille des Odontopygidae et de celle des Spirostreptidae. Ces principales espèces sont, selon Smith et Barfield (1982), Rossion (1976) et Gillon et Gillon (1979) :

- Familles des Odontopygidae :
- Haplothysanus Chappellei*
 - Haplothysanus ealanus* Attems
 - Haplothysanus haplothysarioides*
 - Haplothysanus oubanguiensis* Pierrard
 - Peridontopyge conani*
 - Peridontopyge perplicata*
 - Peridontopyge pervitatta*
 - Peridontopyge rubescens*
 - Peridontopyge schoutedeni* Attems
 - Peridontopyge spinosissima* (Silvestri)
 - Peridontopyge trauni*
 - Syndesmogenus mimeuri*
 - Tibiomus ambitus* (Attems)
 - Tibiomus gossypii* Pierrard

Urotropis perpunctata

- Famille des Spiriotreptidae : *Graphidostreptus tumuliporus*

Les iules attaquent l'arachide à deux stades distincts de son cycle de développement; à la levée et en cours de fructification (Rossion, 1976). Les attaques à la levée portent sur les cotylédons, les radicules, et plus fréquemment, sur l'axe de l'hypocotyle. Les iules peuvent occasionner sur les plantules des dégâts indirects car les blessures qu'ils causent peuvent faciliter l'infection par des maladies fongiques comme la pourriture du collet due à *Aspergillus niger* (Rossion, 1976). Au cours de la période de fructification de l'arachide, les iules sectionnent d'abord les gynophores avant leur pénétration dans le sol, puis ensuite ils rongent ou perforent les gousses dont ils entraînent la pourriture et l'envahissement par des champignons comme *Aspergillus flavus*. D'après les travaux de Gillon et Gillon (1979), les champs nus seraient le lieu où la majorité des iules, à l'exception de *Graphidostreptus tumuliporus*, passent la saison sèche. Les pieds des arbres concentreraient la plupart des individus de *Graphidostreptus tumuliporus* et une grande partie de la biomasse des autres espèces. Les mêmes auteurs ont observé que les termitières rassemblent l'essentiel de la population de *Graphidostreptus tumuliporus* et une bonne partie de celles de *Peridontopyge conani* et de *Haplothysanus Chapellei*.

6.3. Les insectes ravageurs de l'arachide stockée

L'arachide est sérieusement attaquée dans les stocks par plusieurs insectes qui peuvent causer de sévères dégâts. L'insecte le plus important dans les stocks est la bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Oliv.) (Coleoptera : Bruchidae) (Kassam, 1976). D'autres coléoptères ravageurs de produits stockés sont également rencontrés dans les stocks d'arachide. Il y a, par exemple : *Tribolium granarium*, *T. castaneum* (Herbst), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *O. mercator*, *Sithophilus oryzae* (L.), *Carpophilus dimidiatus* (L.) et *Tenebriodes mauritanicus* (L.) (Redlinger et Davis, 1982; Mercer, 1978; Kranz et al., 1981).

6.4. Les maladies de l'arachide

Plusieurs maladies attaquent l'arachide tout au long de la saison de culture et au cours du stockage. Toutes les parties de la plante sont sujettes aux attaques, et bon nombre de maladies réduisent la quantité ou la qualité des gousses, des graines et du fourrage (Porter et al., 1982). Les maladies infectieuses de l'arachide sont dues à des champignons, des bactéries, des virus, des nématodes et des mycoplasmes.

- les maladies foliaires :

. la cercosporiose due à *Cercospora arachidicola* Hori et à *Cercosporidium personata* (Berk. & Curt.) Deighton.

. la rouille causée par *Puccinia arachidis* Speg..

. les viroses dont les plus importantes sont la rosette, le virus du rabougrissement ou "Clump", le virus des taches ocellées, le virus de la frisolée et le virus des taches chlorotiques (Dollet et al., 1987; Quebral et al., 1977; Porter et al., 1982; Thouvenel et al., 1978; Dubern et Dollet, 1978; Nyval, 1969).

- Les maladies des parties souterraines :

- . les pourritures causées par *Sclerotium rofsii* Sacc., *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kuhn et *Fusarium* spp.;
- . les infections par *Aspergillus niger* Van Theighem
- . les flétrissements : *Aspergillus niger* Van Theighem, *Botryodiplodia* sp. et *Sclerotium rofsii* Sacc. (Porter et al., 1982; Nyval, 1969).
- . Les nématodes : plus de 50 espèces de nématodes attaquent l'arachide en Afrique de l'Ouest (Greenberg, 1990).

6.5. L'infection de l'arachide par l'aflatoxine et les autres mycotoxines

Les champignons inféodés aux gousses et aux graines de l'arachide sont généralement repartis en deux groupes : les champignons de champ et les champignons de stock (Denier et al., 1982). Les champignons se développant sur les gousses et les graines au champ sont : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Macrophomina phaseoli* et *Rhizoctonia* (Denier et al., 1982; Johnson et Gumel, 1981). la plupart de ces champignons sont des parasites facultatifs et envahissent très rapidement les gousses et les graines endommagées, mauvaises ou trop mûres dans le sol (Denier et al., 1982; Zambettakis, 1978). Le second groupe, ceux des stocks, est le plus dominant dans la mycoflore de l'arachide et referme des espèces des genres suivants : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus* et *Sclerotium* (Denier et al., 1982). La plupart de ces champignons produisent des toxines parmi lesquelles l'aflatoxine produite par *Aspergillus flavus* Link et *A. parasiticus* Speare (Denier et al., 1982; Greenberg, 1990). L'aflatoxine est de loin la plus dangereuse des mycotoxines produites par ces champignons et son pouvoir cancérigène a été clairement démontré (Denier et al., 1982). Elle cause actuellement de graves problèmes dans la plupart des pays producteurs d'arachide (Lynch et al., 1990). Elle a été également mise en évidence dans d'autres produits comme les graines de soja, de maïs, et de coton (Denier et al., 1982). Le facteur majeur qui influence le développement de *Aspergillus flavus* serait l'humidité ou l'humidité relative dans ou autour du substrat; le champignon se développerait beaucoup plus rapidement aux taux extrêmes d'humidité (Zambettakis, 1978). Un autre facteur qui influence l'invasion par ce champignon et la production subséquente d'aflatoxine est le dommage physique ou biologique subi par les gousses et les graines (Waliyar et Abadie, 1978; Denier et al., 1982). Les gousses intactes matures ou immatures et les graines indemnes sont rarement envahies (Zambettakis, 1978).

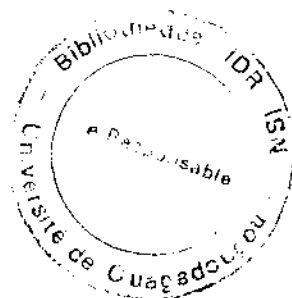
Outre l'aflatoxine, *Aspergillus flavus* produirait également d'autres toxines comme, l'acide cyclopiazonique, la β -nitropropionique et l'aspertoxine, tous aussi dangereuses que l'aflatoxine mais encore très peu connues (Denier et al., 1982).

Les pratiques culturales susceptibles de limiter le développement de *Aspergillus flavus* seraient la rotation des cultures, la fertilisation, le contrôle des insectes et des nématodes ainsi que l'utilisation des variétés résistantes comme J 11, Ah 7223, 55-437 (N'Daye, 1990; Greenberg, 1990).

6.6. Les adventices de l'arachide

Les mauvaises herbes peuvent constituer un sérieux problème en culture arachidière et leur contrôle doit être pris en considération lors de la préparation du lit de semis (Chapman et Carter, 1976). La flore adventice associée à l'arachide comprend beaucoup d'espèces dont des plantes pérennes et

des plantes annuelles. Certaines de ces mauvaises herbes sont très compétitives et peuvent de ce fait interférer énormément avec la croissance et le développement de l'arachide (Buchanan et al., 1982). Parmi les mauvaises herbes communes dans les champs d'arachide nous pouvons citer : *Digitaria* spp., *Dactyloctenium aegyptium*, *Setaria* spp., *Eleusine indica*, *Datura stramonium*, *Sorghum halepense*, *Chenopodium album*, *Cyperus rotundus*, *Amaranthus* spp., *Portulaca oleracea*, *Cenchrus* spp., *Cassia obtusifolia*, *Sida* spp., *Acanthospermum hispidum* et *Brachiaria* spp. (Chapman et Carter, 1976; Buchanan et al., 1982; Kassam, 1976).



Chapitre II. LE NIEBE, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est une plante largement cultivée dans les zones tropicales et subtropicales pour l'alimentation humaine. Cultivé secondairement en association avec le sorgho, le mil, le maïs et le manioc, le niébé constitue l'une des principales sources de protéines végétales et une source non négligeable d'énergie pour les populations des zones tropicales. En effet, le niébé y fournit plus de la moitié des protéines d'origine végétale, contribuant ainsi à améliorer des régimes alimentaires bien souvent déséquilibrés (Rachie, 1985).

L'Afrique contribue pour 75% à la production mondiale de niébé, avec le Nigéria, le Niger, le Burkina Faso, le Sénégal et l'Ouganda comme principaux pays producteurs (Rachie et Rawal, 1976). Cependant, les rendements en culture traditionnelle sont très faibles, variant de 100 à 250 Kg/ha (Jackai et Daoust, 1986; Rachie et al., 1975), alors que, dans des conditions favorables, des rendements pouvant atteindre 1500 à 2000 Kg/ha sont possibles, 60 à 70 jours après les semis (Rachie, 1975). Cette faiblesse des rendements en culture traditionnelle a été attribuée à la lourde pression biotique, particulièrement les insectes ravageurs qui affectent souvent la plante tout au long de son cycle végétatif et reproducteur, puis dans les stocks (Jackai et Daoust, 1986). Il faut ajouter aux insectes les maladies et le striga qui peuvent être aussi dévastatrices, et également les facteurs abiotiques tels que les problèmes liés au sol (pH bas, toxicité aluminique, salinité, sécheresse ou excès d'humidité) (Rachie, 1985).

Tous ces problèmes font, qu'en dépit des potentialités de production, le niébé reste une culture à haut risque, d'où la réticence de nombreux agriculteurs à investir leurs efforts dans une telle entreprise.

1. Origine et botanique

Vigna unguiculata est une plante annuelle appartenant à l'ordre des légumineuses et à la famille des papilionacées. Son origine géographique a longtemps fait l'objet de discussion, mais aujourd'hui beaucoup de travaux reconnaissent la région ouest africaine comme le centre initial de domestication du niébé (Whyte et al., 1953; Faris, 1965).

Le genre *Vigna* est pantropical et comprend au moins 170 espèces dont la plupart sont d'origine africaine (Maréchal et Baudoin, 1985). Ce genre est divisé en sept sous-genres, dont le sous-genre africain *Vigna* qui comprend six sections : *Vigna*, *Comosae*, *Macrodonatae*, *Reticulatae*, *Liebrechtsia* et *Catiang* (Maréchal et Ng, 1985). Le niébé appartient à la section *Catiang* qui compte seulement deux espèces : *V. unguiculata* et *V. nervosa* Markötter (Maréchal et Ng, 1985). *V. unguiculata* comprend quatre groupes cultivés qui sont : *Unguiculata* (le groupe le plus important en Afrique), *Biflora*, *Sesquipedalis* et *Textilis* (Maréchal et Baudoin, 1985). Le niébé et les espèces qui lui sont apparentées sont diploïdes ($2n = 22$) (Fery, 1985).

V. unguiculata est une plante à tiges plus ou moins traînantes, parfois volubiles, d'environ 0,5 à 1 m de haut. Les feuilles, trifoliolées, sont de forme et de taille variables. Les fleurs, bleutées ou jaunâtres, sont à l'extrémité d'un long pédoncule, formant des grappes axillaires. Les gousses sont cylindriques, indéhiscentes chez les variétés cultivées chez lesquelles elles atteignent 15 cm de long sur 0,60 cm de diamètre. Elles renferment 7 à 12 graines ovoïdes. Le mode de croissance présente toute une gamme, allant du port érigé de type non ramifié à croissance définie, au port étalé de forme

ramifiée indéfinie à l'habitus rampant ou grimpant (Fery, 1985).

Par rapport à la réaction à la photopériode, trois groupes de variétés peuvent être distingués :

- les variétés sensibles à la photopériode, hâtives, allongeant leur cycle en saison sèche froide;
- les variétés sensibles fleurissant en jours de 11 h 30, tardives, raccourcissant leur cycle en contre-saison;
- les variétés insensibles.

2. Écologie et physiologie

Dans la zone soudano-sahélienne, à pluviométrie allant de 500 à 800 mm, le niébé est cultivé sur une large gamme de sols et de conditions climatiques, et peut, relativement, tolérer la chaleur et les conditions sèches (Kamara, 1973). Il préfère les sols bien drainés, mais peut croître de manière satisfaisante sur les sols acides (Kassam, 1976).

Lorsque les graines sont semées à une profondeur convenable (2 à 3 cm), à 28° C, la germination est épigée et les plantules émergent en 2 à 3 jours. Pour la variété TVx 3236, la plus basse température pour la germination est de 8° C, et les températures de plus de 40° C sont néfastes à l'élongation de l'hypocotyle (Summerfield et al., 1985). Les températures nocturnes affectent les développements végétatif et reproducteur du niébé en agissant sur la croissance, le nombre de jours avant la première fleur et sur le rendement. Les fluctuations thermiques diurnes influencent la nodulation et l'activité des rhizobium.

L'accumulation de matière sèche est maximale à des températures diurnes de 21 à 36° C couplées à des températures nocturnes de 16 à 31° C (Summerfield et al., 1985).

La durée de la période avant floraison varie extrêmement selon les variétés. Certaines variétés fleurissent en l'espace de 30 jours après les semis et sont prêtes pour la récolte 25 jours plus tard; d'autres, par contre, prennent plus de 100 jours pour fleurir, puis prennent 210 à 240 jours pour mûrir (Kumar et al., 1976).

Grâce à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique le niébé bien nodulé peut satisfaire, en grande partie, à ses besoins en azote. Dans la plupart des sols tropicaux la nodulation des rhizobium se fait toujours bien et plus de 800 souches ont été obtenues sur des variétés de niébé en Afrique de l'Ouest (Pandey et Ngarm, 1985; Mulongoy, 1985). Plusieurs facteurs ont une incidence sur la nodulation et l'activité des rhizobium. Ce sont par exemple : le génotype de la plante, la qualité et la quantité des rhizobium disponibles, ainsi que beaucoup de facteurs environnementaux (azote disponible dans le sol, températures extrêmes, pH bas, excès ou déficience hydrique du sol) (Miller et Fernandez, 1985). Les températures élevées du sol réduisent la formation et le développement des nodosités et causent une augmentation de la proportion de nodosités anormales et inefficaces (Day et al., 1978). La formation des nodosités est également réduite dans les sols acides, riches en aluminium, dans lesquels mêmes les souches tolérantes sont incapables d'infester les racines (Mulongoy, 1985). L'azote fixé par la symbiose est, en partie, excrété dans le sol par les racines et peut ainsi profiter aux plantes cultivées en association avec le niébé (Pandey et Ngarm, 1985). L'azote fixé et non immédiatement utilisé reste également en partie dans le sol, à des taux de 30 à 40% selon Oke (1976), et peut être disponible pour les cultures suivantes.

Le phosphore est un élément critique dans la production du niébé. Dans les sols pauvres en

phosphore, une application de 40 Kg P_2O_5 /ha augmente les rendements en graines (Pandey et Ngarm, 1985). Les autres éléments (K, S et Ca) sont peu importants et n'ont besoin d'être apportés que dans les sols qui en sont particulièrement dépourvus, tels que les sols lessivés et érodés (Pandey et Ngarm, 1985; Muleba et Ezumah, 1985).

3. La culture du niébé

En Afrique, dans la pratique traditionnelle, le niébé est presque exclusivement cultivé en association avec des céréales (sorgho, mil, maïs), mais aussi avec l'arachide, le coton et les plantes à tubercules (Kassam, 1976). Selon Norman (1972) près de 98% du niébé est cultivé dans ces types d'associations. Les dates de semis du niébé en association varient selon les régions. Mais, après les travaux d'études dans la zone semi-aride ouest africaine, l'IITA/SAFGRAD (1981 et 1983) recommande, pour cette zone, que les semis soient faits à la mi-juillet.

Les espacements varient aussi énormément selon les types d'association. Les études en monocultures montrent que les différentes variétés répondent bien aux espacements suivants : 0,50 x 0,25 m ou 0,75 x 0,20 m pour les variétés semi-érigées, indéterminées et très ramifiées; et 0,16 x 0,34 m ou 17 x 40 m pour les variétés érigées, déterminées, peu ramifiées (Muleba et Ezumah, 1985).

Un certain nombre de facteurs influencent la performance du niébé dans les cultures associées. L'un de ces facteurs est le type végétatif de la variété. Les variétés grimpantes réussissent mieux que les variétés rampantes dans les associations avec les céréales, probablement à cause d'une meilleure interception de la lumière (Ssekabembe, 1985). En effet, l'ombrage est un facteur limitant la production du niébé, et Muleba et Ezumah (1985) ont montré que l'ombrage réduisait les rendements du niébé.

4. Utilisations du niébé

En Afrique au Sud du Sahara, le niébé est principalement cultivé pour l'alimentation humaine, et de ce fait, entre dans la préparation de mets divers selon les régions. Il est essentiellement consommé comme légume sec, même si les gousses et les graines vertes, les plantules et les jeunes feuilles sont quelques fois utilisées comme herbes potagères. Au Burkina Faso, les jeunes feuilles servent à la préparation de sauces qui accompagnent le tô de mil de sorgho ou de maïs. Les graines sont, la plupart du temps, préparées entières, seules ou en association avec des grains de céréales (mil, riz, maïs) et assaisonnées à l'huile et au sel. Les graines concassées, seules ou en mélange avec de la farine de mil, servent à la préparation, par cuisson à la vapeur, de galettes de niébé (gnon ou gonné en mooré). La farine de graines de niébé sert également à la préparation de galettes frites (samsa en mooré).

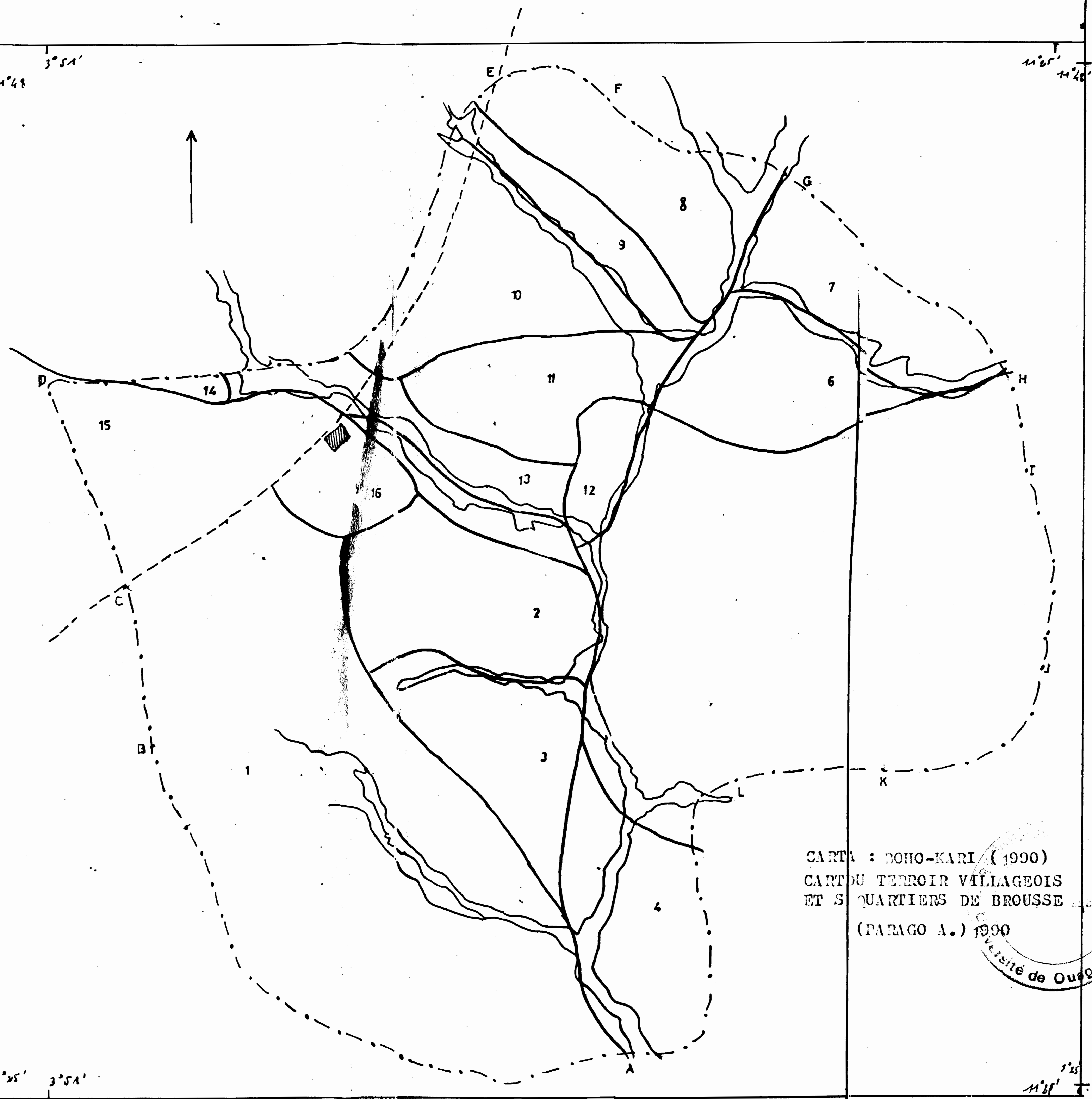
En raison de sa composition chimique particulièrement intéressante, surtout en protéines (Tableau 1), le niébé contribue énormément à compenser les besoins alimentaires qualitatifs des populations sahéliennes. Sa teneur en lysine relativement élevée (Tableau 2) fait du niébé un excellent améliorateur de la qualité protéique des céréales. Par exemple, l'association des graines de niébé à celles du maïs donne les meilleures qualités protéiques aux taux pondéraux de 3/4 de maïs pour 1/4 de niébé et de 9/16 de maïs pour 7/16 de niébé; et avec le sorgho, 7/8 de sorgho pour 1/8 de niébé et 3/4 de sorgho pour 1/4 de niébé (Bressani, 1985). Récemment, des travaux ont été entrepris pour la mise au

ECHELLE : 1/50 000

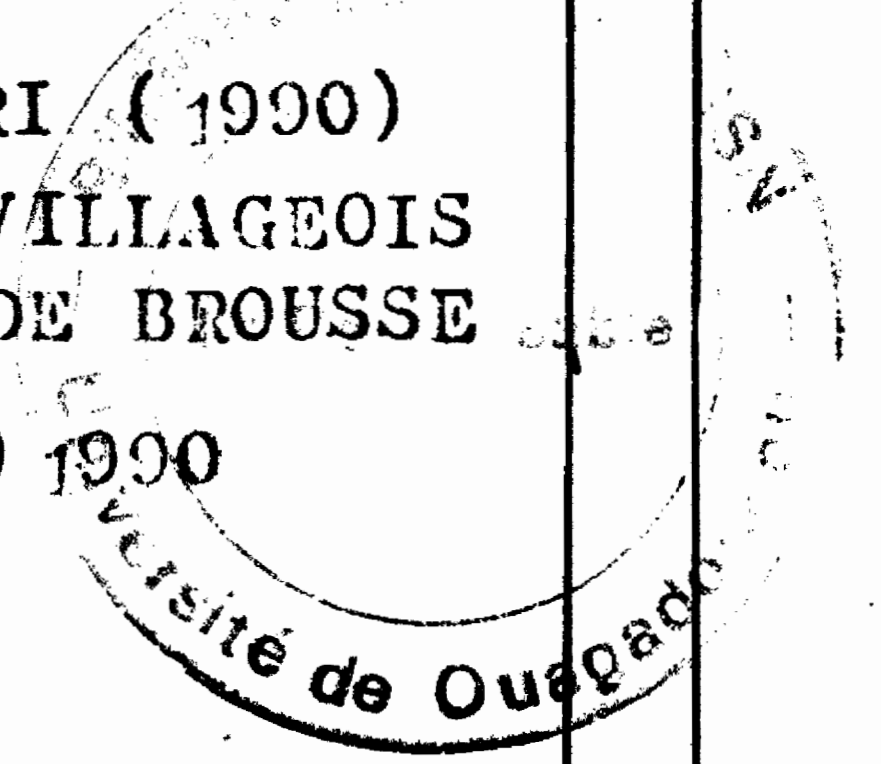
LEGENDE

- 1 ZABO
- 2 BOMA
- 3 NIOKOKUI
- 4 BAN
- 5 BONGORO
- 6 BEZO
- 7 WOROGNU
- 8 PAKASSI
- 9 MAKUI
- 10 KARABOZO
- 11 PARANKUI
- 12 POGONI
- 13 BAMBIRI
- 14 BOZO
- 15 BARANKUI
- 16 DUI

SOURCE : IMAGE SPOT OCTOBRE 1988
(TOULOUSE)



CARTA : BOHO-KARI (1990)
CARTOU TERROIR VILLAGEOIS
ET S QUARTIERS DE BROUSSE
(PARAGO A.) 1990



point de nouveaux types d'aliments à base de niébé et utilisant les combinaisons niébé-sorgho et niébé-sorgho-arachide (McWatters, 1985; Dixon et al., 1985).

Tableau 1. Composition du niébé en éléments nutritifs essentiels (Viaud, 1983)

Substance (en %)	Graines	Feuilles	Substance (en mg/100 g)	Graines	Feuilles
Eau	9	83	Ca	91	295
Lipides	23	4,8	P	370	58
Glucides	61	8	Acide ascorbique	2	60
Cellulose	3	2	Thiamine B1	1,02	0,20
Matières minérales	3	1,8	Riboflavine B2	0,17	0,38
			Niacine PP	2,70	2,12

Tableau 2. Teneurs du niébé en certains acides aminés (Bressani, 1985)

Acide aminé	Teneur moyenne des graines (en mg/g N)
Arginine	500
Histidine	213
Isoleucine	318
Leucine	484
Lysine	486
Méthionine	79
Cystine	32
Phénylalanine	263
Tyrosine	124
Thréonine	251
Tryptophane	68
Valine	314

5. Les insectes nuisibles au niébé

Comparé aux autres légumineuses à graines, le niébé est une culture très sensible aux insectes. Les différentes parties de la plante sont, à tous les stades de développement et de croissance, la proie de divers insectes dont les dégâts peuvent entraîner une perte totale de la récolte ou alors limiter celle-ci à des niveaux inférieurs à 300 Kg/ha si aucune mesure de contrôle n'est entreprise (Singh et Jackai, 1985).

Les insectes nuisibles au niébé au champ sont généralement classés en trois catégories qui sont :

- les insectes nuisibles attaquant les plantules (germination - début floraison ou 30 à 40 jours après semis);
- les insectes attaquant les plantes de niébé au stade début reproduction (début floraison - début

initiation des gousses);

- les insectes attaquant les plantes de niébé au stade pleine reproduction (début initiation des gousses - maturation et récolte) (Singh et Allen, 1988).

5.1. Les insectes nuisibles aux plantules

Les aphides. *Aphis craccivora* Koch et *A. fabae* (Scopoli) (Homoptera : Aphididae) sont les deux espèces d'aphides qui ont été reconnus comme étant nuisibles au niébé à travers l'Afrique et l'Asie (Singh et van Emden, 1979). *A. craccivora* est largement répandu en Afrique, en Asie, en Amérique centrale et du Sud et en Australie. Sa biologie, qui a été largement étudiée par l'IITA, varie selon la plante hôte, la fertilité du sol, l'humidité et la température (Singh et Jackai, 1985; Singh et van Emden, 1979). Dans les conditions favorables, une génération dure environ 13 jours (Singh et Allen, 1979; Singh et van Emden, 1979) et 2 à 20 progénies sont produites journalièrement (Singh et Jackai, 1985). Les femelles sont les plus fréquemment rencontrées sur les plantes et se reproduisent par parthénogenèse. Dans les conditions climatiques optimales et les situations de nourriture abondante ce sont les individus aptères qui sont produits; par contre en cas de grands nombres d'individus et de limitation de la nourriture, ce sont plutôt les individus ailés qui sont produits (Singh et Jackai, 1985). La biologie de *A. fabae* est similaire à celle de *A. craccivora* (Jackai et Daoust, 1986).

Les aphides causent des dommages directs aux plantes de niébé par le prélèvement d'assimilats, en suçant la sève sur les faces inférieures des feuilles et les jeunes tiges (Singh et van Emden, 1979). En petits nombres, les aphides peuvent n'avoir qu'un léger impact, voire même, être inoffensifs pour les plants de niébé. Mais en grandes proportions, les populations d'aphides peuvent entraîner une déformation des feuilles, un rabougrissement des plantes et une réduction des nodosités racinaires (Singh et Jackai, 1985). Les rendements se trouvent ainsi réduits, et dans les cas extrêmes, les plantes meurent. Le dommage indirect et généralement le plus nuisible, même dans les cas de populations peu élevées, est la transmission et la diffusion de virus qui réduisent sérieusement les rendements du niébé (Jackai et Daoust, 1986; Singh et Allen, 1979).

Certains insecticides, tels que le phosphamidon, le diméthoate et le pirimicarb, se révèlent efficaces pour le contrôle chimique des aphides (Singh et Jackai, 1985; Singh, 1985). Les populations d'aphides sont naturellement contrôlées par certains ennemis naturels comme les coccinelles (exemple : *Coccinella septempunctata* (Barbara et Hussey, 1970; Shands et al. 1972; Perrin, 1975), par des syrphes (Diptera : Syrphidae) (exemples : *Syrphus ribesii*, *S. corolla*, *Sphaerophoria* sp.) (Hagen et van Den Bosch, 1968; Smith, 1976b), ainsi que des chrysopidées (Neuroptera) (Margaret, 1972). Des champignons pathogènes ont également été recensés sur des aphides (Dean et Willing, 1973). Hagen et van Den Bosch (1968) ont publié un répertoire des prédateurs, parasitoides et pathogènes des aphides. Des variétés résistantes ont été également développées à l'IITA. En exemple il y a TVu 36, TVu 410, TVu 408, TVu 3000, TVu 2755, TVu 408-2, TVu 3273 et VITA-1 (Singh et Jackai, 1985, Manawadu, 1985).

Les jassides (Homoptera : Jassidae = Cicadellidae). Plusieurs espèces du genre *Empoasca* attaquent le niébé et sont ubiquistes sous les tropiques (Singh et Jackai, 1985). Les différentes espèces ont une biologie similaire (Singh et van Emden, 1979). Les adultes et les nymphes sucent la sève sur les faces inférieures des feuilles. Ils sont très mobiles par temps chaud et se cachent dans les herbes

des abords des champs quand la température s'élève (Singh et Jackai, 1985). Les œufs sont déposés sur les faces inférieures des feuilles et éclosent en 7 à 10 jours (Singh et Allen, 1979). Le développement nymphal se fait en 5 stades et dure environ 10 jours, et les adultes ont une espérance de vie de 30 à 60 jours (Singh et Allen, 1979; Jackai et Daoust, 1983). *Empoasca dolichi* Paoli est l'espèce la plus communément rencontrée sur le niébé, mais elle cause rarement des dommages d'importance économique (Singh et Jackai, 1985; Singh, 1985; Raman, 1977). Les symptômes des attaques sont une décoloration des nervures foliaires suivie d'une nécrose des feuilles. Les infestations sévères peuvent entraîner un rabougrissement des plantes (Singh et van Emden, 1979).

La résistance variétale semble être la méthode de contrôle la plus promettante contre les cicadelles. Un certain nombre de variétés se sont montrées efficaces, souvent même en l'absence de traitement chimique. A titre d'exemples, peuvent être citées les variétés suivantes : TVu 59, TVu 123, TVu 662, TVu 1509, VITA-3, VITA-5 et TVx 4-5c (Raman et al., 1977, 1978 et 1980; Singh et al. 1979; Singh, 1985). Le contrôle chimique des cicadelles est également possible et plusieurs insecticides comme le chlorpyrifos, le méthomyl, l'endosulfan et le diméthoate se sont révélés efficaces (Singh et Jackai, 1985).

Les thrips du feuillage. *Sericothrips occipitalis* Hood (Thysanoptera : Thripidae) est reconnu comme un ravageur du feuillage du niébé, particulièrement pour les cultures en serre ou irriguées en hors saison (Taylor, 1969, Singh, 1985). L'infestation décroît avec la pluviométrie et les plantes attaquées peuvent recouvrir leur vigueur (Singh et Jackai, 1985; Singh et van Emden, 1979). Les thrips adultes s'abritent sur les faces inférieures des feuilles. Les symptômes d'attaque par *S. occipitalis* se caractérisent par une nécrose internervale et une déformation consécutive de la feuille. En cas de fortes infestations la croissance de la plante peut être inhibée prématurément et celle-ci peut même périr (Singh, 1985).

Outre les trois ravageurs nommés ci-dessus, les plantules de niébé peuvent être également attaquées par plusieurs autres consommateurs du feuillage, dont, entre autres les chrysomèles (Coleoptera : Chrysomelidae) et les larves de lépidoptères. En général, ils sont sporadiques et, à moins que leurs populations ne soient élevées, les dommages directs sont insignifiants (Singh et Allen, 1979; Singh et Jackai, 1985). Parmi ces autres ravageurs des plantules de niébé nous pouvons faire mention de :

- *Ootheca mutabilis* (Shalberg) (Coleoptera : Chrysomelidae) qui est le plus important broyeur de la frondaison des plantules de niébé (Singh, 1985). Les adultes, ovales, de couleur brun clair et mesurant environ 6 mm de long, peuvent vivre pendant 3 mois (Singh, 1985). La femelle peut pondre près de 400 œufs par semaine et la période de l'œuf à la pupa dure 52 à 62 jours (Akingbohunge, 1980). Les adultes apparaissent aussitôt après les premières pluies et se nourrissent au dépend des feuilles, entre les nervures. Les populations denses peuvent causer une défoliation totale des plantes qui meurent par la suite. Les larves se nourrissent des racines du niébé, mais causent rarement des dommages sérieux (Singh et Jackai, 1985). Des dommages indirects peuvent être causés par *O. mutabilis* par la transmission du virus de la mosaïque jaune du niébé (Singh et van Emden, 1979, Singh et Jackai, 1985).

- *Medythia quaterna* (Fairmaire) (synonyme : *Luperodes quaterna* (Kars)) (Coleoptera : Chrysomelidae) se rencontre principalement en zone forestière d'Afrique occidentale, mais aussi en

savane dérivée (Singh et van Emden, 1979). Les adultes attaquent les plantules du niébé et se nourrissent de jeunes feuilles nouvellement formées, pouvant ainsi défolier complètement les plantules et entraîner leur mort. Les adultes peuvent également transmettre le virus de la mosaïque jaune du niébé (Singh et van Emden, 1979, Singh et Jackai, 1985; Thottappilly et Rossel, 1985).

Plusieurs autres coléoptères se nourrissent souvent au dépend des feuilles du niébé mais leur populations sont rarement suffisamment élevées pour causer des dommages économiques. En Afrique, sont de ceux-là : *Borombiella humeralis* (Coleoptera : Chrysomelidae), *Lagria villosa* F. (Coleoptera : Lagriidae), *Chrysolagria* spp. (Coleoptera : Lagriidae) et *Epilachna similis* (Coleoptera : Coccinellidae) (Singh et van Emden, 1979, Singh et Jackai, 1985; Singh, 1985). Les insecticides tels que l'endosulfan et le chlorpyrifos sont efficaces contre ces coléoptères et une seule application est souvent suffisante (Singh et Jackai, 1985).

- *Amsacta moleney* (Lepidoptera : Arctiidae).

5.2. Les insectes nuisibles au stade début reproduction

Deux des plus importants ravageurs du niébé appartiennent à ce groupe; il s'agit des thrips des bourgeons floraux et des fleurs, *Megalurothrips* (= *Taeniothrips*) *sjostedti* (Tryb.) (Thysanoptera : Thripidae), et la mineuse des gousses, *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera : Pyralidae) (Singh et Allen, 1979).

Megalurothrips sjostedti (Tryb.) est bien connu comme un ravageur majeur du niébé et d'autres légumineuses à graines en Afrique tropicale (Taylor, 1974). Selon Singh et Taylor (1979), ce ravageur peut souvent causer des dommages de près de 60% à la culture de niébé. Sa biologie est aujourd'hui complètement connue. Les œufs sont déposés dans les bourgeons floraux auxquels s'attaquent les nymphes et les adultes. Les dégâts se caractérisent par une malformation, une distorsion et une décoloration des organes floraux. Ces lésions peuvent également affecter les anthères et les filets des étamines entraînant une déperdition précoce de pollen et une diminution de la pollinisation et de la fructification (Taylor, 1974). D'ailleurs, dans les cas d'attaques trop sévères, les plantes ne produisent pas de fleurs (Singh et van Emden, 1979). L'infestation initiale se ferait à partir de populations provenant de plantes hôtes alternatives comme *Phaseolus vulgaris* L., *Glyricidia* sp., *Thoningia* sp., *Ceasalpinia pulcherima* (L.), *Musa sapientum* A. Chev., *Newboldia laevis* P. Beauv., *Lycopersicon esculentum* Mill, *Cola* sp., *Saccharum officinarum* (L.) et en particulier *Centrosema pubescens* Benth., *Crotalaria funcea* (L.) et *Vigna triloba* Walp. (Taylor, 1974). Selon le même auteur, l'évolution de la population de *M. sjostedti* est fonction de la durée de la période de floraison et serait positivement corrélée avec le nombre cumulé de fleurs par plante de niébé.

La lutte chimique repose sur l'utilisation des composés tels que le méthomyl, le monocrotophos et la cyperméthrine qui sont efficaces contre *M. sjostedti*. Les ennemis naturels, dont les deux espèces du genre *Orius* (*O. amnezius* Ghauris et *O. albidipennis* Reuter) (Hemiptera : Anthracoridae) seraient importantes en Afrique (Ghauris, 1980; Matteson, 1982). Des variétés résistantes ont également été développées par l'IITA. Il s'agit de TVu 1509, TVu 6507, TVu 7133 et TVx 3236. (Singh et Allen, 1979; Salifu, 1984; Singh, 1977; Singh et Jackai, 1985).

Outre *M. sjostedti*, d'autres thrips sont souvent rencontrés secondairement sur les fleurs du

niébé. Il s'agit, par exemple, de *Frankliniella shultzei* Pergande (Singh et Allen, 1979; Taylor, 1974) et de *Halothrips gowdey* Franklin (Taylor, 1974).

Maruca testulalis Geyer. La mineuse des gousses est répandue à travers tout le continent africain et peut causer des pertes importantes de rendement du niébé (Singh et van Emden, 1979; Jerath, 1968). Elle se rencontre aussi sur beaucoup d'autres légumineuses à graines comme le pois d'Angole, le soja et le haricot dans d'autres parties du monde. La biologie de *M. testulalis* a été largement étudiée. La femelle pond environ 400 œufs dans les bourgeons floraux, les fleurs et sur les feuilles tendres. Ces œufs éclosent en 2 à 3 jours et il y a 5 stades larvaires qui prennent 8 à 14 jours en fonction de l'alimentation de la larve et des conditions climatiques (Singh, 1985). Les nymphes sont enfouies dans le sol pendant une période de 5 à 15 jours (Singh et Jackai, 1985). L'émergence des adultes, qui vivent 5 à 7 jours, est favorisée par la pluie ou l'humidité élevée du sol (Singh et van Emden, 1979). Avant l'apparition des bourgeons floraux et des fleurs, les larves se nourrissent des pédoncules tendres. Plus tard, à l'apparition des bourgeons floraux et des fleurs, elles attaquent ces organes, puis ensuite les gousses vertes. Cette consommation des bourgeons floraux et des fleurs constitue, sans doute, le plus important dommage direct causé par ce ravageur (Jackai et Daoust, 1986).

La lutte chimique contre *M. testulalis* s'est montrée plus efficace avec des composés tels que le méthomyl, l'endosulfan, la dieldrine, la cyperméthrine et Bacillus (Singh et Jackai, 1985; Jerath, 1968; Taylor, 1969).

Des variétés résistantes ont également été identifiées. La résistance serait habituellement liée à la longueur des pédoncules de ces variétés et à leurs gousses largement séparées (Singh et Allen, 1979). TVu 946, et VITA-5 sont des variétés reconnues résistantes. Les variétés VITA-1, VITA-3 sont sensibles, et VITA-4 moins sensible (Singh, 1977; Singh, 1985).

5.3. Les insectes nuisibles au stade pleine reproduction

Dans cette dernière catégorie d'insectes ravageurs du niébé au champ, l'on peut citer les mineuses des gousses, les punaises suceuses des gousses et des coléoptères.

Les punaises suceuses des gousses. Plusieurs espèces de punaises (Hemiptera) attaquent les gousses de niébé et causent des dégâts considérables. Elles sucent la sève des gousses en développement, entraînant ainsi d'importantes pertes de rendement dues à un dessèchement prématurée des gousses et un développement anormal des graines (Singh et Jackai, 1985). En Afrique, quatre espèces de coréides sont d'importance économique par les pertes qu'elles peuvent occasionner. Il s'agit de *Acanthomia tomentosicollis* Stal. (Afrique de l'Est et de l'Ouest), *A. horrida* (Germar) (Afrique de l'Ouest), *Clavigralla elongata* Signoret (Afrique de l'Est) et *Anoplooonemis curvipes* (Fabricius) (Afrique de l'Ouest, de l'Est et du Centre) (Singh et Jackai, 1985). D'autres espèces d'hémiptères tel que le genre *Riptorpus* (Hemiptera : Alydidae) sont présentes en Afrique de l'Est, de l'Ouest et du Centre (Singh et van Emden, 1979; Singh, 1985).

Acanthomia spp. (Hemiptera : Coreidae). *Acanthomia tomentosicollis* Stal. et *A. horrida* (Germar) sont les deux espèces les plus connues en Afrique de l'Ouest où elles attaquent le niébé, le pois d'Angole, le haricot et occasionnellement le soja (Singh et van Emden, 1979).

A. tomentosicollis est de taille moyenne (environ 12 mm), velu et brunâtre; alors que *A. horrida* est plus petit et grisâtre (Singh et van Emden, 1979). Les adultes de *A. tomentosicollis*,

qui ne sont pas de grands voiliers, vivent 100 à 150 jours et les femelles pondent en moyenne environ 200 œufs déposés en lots de 10 à 70 (Singh et Jackai, 1985; Suh et al., 1986). La vie nymphale dure environ 14 jours (Singh, 1985). Les adultes de *A. horrida*, quand à eux, ont une durée de vie de 40 à 80 jours et la femelle peut pondre en moyenne 250 œufs, déposés individuellement. Ces œufs éclosent en 6 jours et le développement larvaire, qui comporte 5 stades, prend environ 20 jours (Singh et Jackai, 1985). Les nymphes et les adultes de ces deux punaises peuvent causer des dommages sérieux et de grands nombres d'individus se nourrissent parfois sur une même gousse.

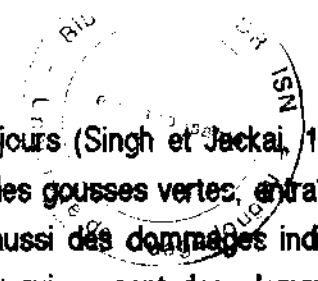
Anoplocnemis curvipes (Fabricius) (Hemiptera : Coreidae). C'est un des ravageurs les plus importants du niébé, en Afrique. Il attaque aussi le pois d'Angole (Singh et van Emden, 1979). *A. curvipes* est un coréide noir, relativement gros. Les adultes, qui sont de grands voiliers, peuvent atteindre jusqu'à 3 cm de long (Singh, 1985). Leur durée de vie est de 24 à 84 jours, mais les individus non accouplés peuvent vivre jusqu'à 170 jours (Singh et van Emden, 1979). Contrairement aux femelles de *Acanthomia tomentosicollis* et de *A. horrida*, celles de *Anoplocnemis curvipes* déposent leurs œufs sur d'autres légumineuses et sur des adventices, plutôt que directement sur le niébé (Singh et Jackai, 1985). Les œufs, déposés en lots de 10 à 40, éclosent en 6 à 12 jours et les larves se développent en 30 à 60 jours par 5 mues larvaires (Singh et Jackai, 1985). Les adultes de *A. curvipes* sucent la sève des gousses vertes et celles-ci se rident et périssent prématurément.

A. curvipes est efficacement contrôlé par l'endosulfan, le fenitrothion et le diméthoate (Singh et Jackai, 1985). D'autre part, plusieurs ennemis naturels ont été identifiés et paraissent pouvoir réguler efficacement les populations de *A. curvipes* (Singh et van Emden, 1979).

Riptorpus dentipes (Fabricius) (Hemiptera : Alydidae). Plusieurs espèces du genre *Riptorpus* sont rencontrées sur les légumineuses à graines, mais *Riptorpus dentipes* est l'espèce la plus communément observée sur le niébé (Singh et van Emden, 1979). Les adultes, brun clair avec des lignes jaune blanchâtre sur les côtés du corps, sont de grands voiliers et peuvent vivre 10 à 20 jours (Singh et Allen, 1979). La femelle pond en moyenne 50 œufs déposés en lots de 5 à 15 sur d'autres légumineuses, mais quelques fois aussi sur le niébé. Les œufs éclosent en 6 jours et le développement larvaire se fait en 5 stades dont les premiers durent environ 3 jours et le dernier 6 jours (Singh, 1985; Singh et Allen, 1979; Singh et Jackai, 1985). Les adultes de *R. dentipes* sucent les gousses vertes entraînant leur dessèchement et la perte des graines.

Le contrôle de ce ravageur est rendu difficile à cause de l'invasion des parcelles de niébé par les adultes provenant des champs adjacents; mais certains insecticides comme l'endosulfan, le fenitrothion et le diméthoate peuvent être efficaces (Singh et Jackai, 1985; Jackai et al., 1985). Certains parasites des œufs de *Anoplocnemis curvipes* parasiteraient aussi ceux de *R. dentipes* (Singh et van Emden, 1979).

Deux autres punaises méritent d'être également mentionnées. Il s'agit de *Nezara viridula* (Linnaeus) et de *Aspavia armigera* (Fabricius) (Hemiptera : Pentatomidae). *N. viridula* est un ravageur mineur du niébé en raison de son large gamme de plantes hôtes (Singh et Jackai, 1985). Il attaque d'autres légumineuses à graines comme le soja, le pois d'Angole et le haricot, ainsi que les céréales, dont le sorgho et le mil (Singh et van Emden, 1979). La biologie de ce ravageur varie énormément selon la plante hôte et les conditions climatiques. Une seule femelle peut pondre 100 à 400 œufs répartis en lots de 30 à 80 sur les faces inférieures des jeunes feuilles (Singh et Jackai, 1985;



Suh et al., 1986). Il y a 5 stades larvaires et le cycle de vie dure 40 à 100 jours (Singh et Jackai, 1985). Les dégâts sont causés principalement par les adultes qui sucent la sève des gousses vertes, entraînant leur dessèchement prématuré et l'absence de graines. Mais il peut avoir aussi des dommages indirects par l'injection dans les graines d'un champignon, *Nematospora coryli*, qui causent des dommages additionnels. (Singh et van Emden, 1979).

La manipulation des dates de semis permet de minimiser les dommages causés par *Nezara viridula*. (Singh et Jackai, 1985). Certains insecticides comme l'endosulfan, le fenitrothion et le diméthoate se sont aussi révélés efficaces (Jackai et al., 1985).

Les mineuses des gousses. Au cours du stade pleine reproduction du niébé, les larves de *M. testulalis* vont continuer à consommer les fleurs, mais vont aussi miner les gousses vertes et détruire les graines en développement.

Cydia pyohora (Meyrick) (synonyme : *Laspeyresia pyohora* (Meyrick)) (Lepidoptera : Tortricidae) : cette mineuse des gousses est présente en Afrique de l'Est et de l'Ouest et peut devenir localement un ravageur important (Singh et Allen, 1979; Perrin, 1976). Les adultes sont cylindriques, petits et gris (Singh et Jackai, 1985). La femelle pond environ 45 œufs toute sa vie (environ 5 jours). Ces œufs, normalement déposés aux points d'attache des gousses, ont une durée d'incubation de 3 jours et les larves qui en sortent se développent en 12 jours par 5 stades larvaires (Singh et Jackai, 1985; Olaifa et Akingbohunge, 1981). Les premiers stades larvaires pénètrent les gousses presque à maturité et consomment les graines. Elles y restent jusqu'au dernier stade, peu avant la nymphose qui a lieu dans le sol pendant environ 5 jours (Singh et van Emden, 1979; Jackai et Daoust, 1986).

L'application d'endosulfan ou de cyperméthrine pendant le remplissage des gousses donne de bons résultats (Dina, 1979; Singh et Jackai, 1985). Quelques variétés résistantes ont également été identifiées (Perrin, 1977 et 1978).

Heliothis armigera (Hub.) (Lepidoptera : Noctuidae). Cette noctuelle est un ravageur sporadique, mais pouvant causer des dommages importants, particulièrement dans les associations avec le maïs (Singh et van Emden, 1979). *H. armigera* est polyphage et attaque également d'autres cultures. La femelle pond des œufs individuels sur les feuilles et les pousses tendres des plantes. Leur incubation des œufs prend 3 à 8 jours et le développement larvaire, qui comporte 6 stades, dure 16 à 35 jours (Singh et van Emden, 1979). La nymphose a lieu dans le sol, à une profondeur d'environ 40 cm et dure 10 à 25 jours (Singh et van Emden, 1979; Singh et Jackai, 1985). Les larves consomment les feuilles, les bourgeons floraux, les fleurs et les gousses vertes. Lors des attaques sur les gousses, les jeunes larves pénètrent à l'intérieur de celles-ci et se nourrissent des graines. Les larves plus âgées consomment les graines de l'extérieur (Singh et van Emden, 1979; Singh et Jackai, 1985).

Certains composés chimiques, tels que l'endosulfan, le chlorpyrifos, le méthomyl, la cyperméthrine et le monocrotophos peuvent être efficaces contre *H. armigera* surtout lorsque appliqués dès les premiers stades de développement des larves (Singh et Jackai, 1985; Jackai et al., 1985). Par ailleurs, plusieurs ennemis naturels ont été rapportés comme facteurs importants de mortalité des larves (Singh et van Emden, 1979).

Les lépidoptères, d'importance secondaire, souvent rencontrés sur le niébé, incluent, entre autres :

- *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera : Noctuidae) qui est un insecte polyphage

attaquant une large gamme de plantes cultivées.

- *Etiella zinckenella* (Treitschke) (Lepidoptera : Pyralidae) dont les larves consomment les fleurs et les jeunes gousses du niébé et de beaucoup d'autres légumineuses à graines (Singh et van Emden, 1979).

- *Euchrysops malathana* (Lepidoptera : Lycaenidae) dont les larves verdâtres consomment aussi les fleurs et les graines dans les gousses vertes.

- *Virachola antalus* (Lepidoptera : Lycaenidae) (Singh et Allen, 1979).

Mylabris spp. (Coleoptera : Meloidae). Plusieurs espèces du genre *Mylabris* causent des dégâts considérables sur les légumineuses à graines en consommant les fleurs et parfois les feuilles (Singh et van Emden, 1979). Les espèces communément observées sur le niébé sont *Mylabris farquharsoni* Blair, *M. amplectens* Gerstecker et *M. bipartita* (Singh et Jackai, 1985; Singh, 1985; Singh et Allen, 1979).

Les adultes sont de grands voiliers, facilement reconnaissables par leurs élytres vivement colorées avec de larges bandes noires, jaunes ou rouges. Ils mesurent 15 à 28 mm de long et apparaissent souvent en grands nombres sur les plants de niébé, dévorant les fleurs et les jeunes gousses, entraînant ainsi de graves dommages (Singh et van Emden, 1979). Ces insectes sont attirés par le pollen du maïs, et le niébé associé au maïs subit souvent d'importants dégâts (Singh et Allen, 1979).

La biologie de ces ravageurs est très complexe (Singh et Jackai, 1985). Les œufs sont pondus en grands nombres (2000 à 10 000) dans ou sur le sol. Les larves qui émergent subissent une hypermétamorphose et sont prédatrices de larves d'orthoptères ou d'hyménoptères (Singh et Jackai, 1985).

Le contrôle chimique de ces ravageurs est difficile à cause de leur présence uniquement sur les fleurs qui ne persistent qu'une seule journée, et aussi du fait que les larves sont dispersées dans le sol (Singh et Jackai, 1985; Singh et van Emden, 1979; Singh et Allen, 1979).

Quelques espèces du genre *Coryna* (Coleoptera : Meloidae), spécialement *Coryna apicicornis* Guérin-Meneville, sont aussi d'importants ravageurs des fleurs du niébé (Singh et Jackai, 1985).

D'autres coléoptères ravagent également le niébé au cours de la dernière phase de son cycle de vie. Il s'agit particulièrement de :

- *Piezotrachelus varius* Wagner (synonyme : *Apion varius* Wagner) (Coleoptera : Curculionidae) qui endommage les gousses de niébé en Afrique de l'Ouest et de l'Est (Singh et Jackai, 1985; Jackai et Daoust, 1986). Mais ce ravageur est d'importance mineure et cause rarement de dégâts importants (Singh et Jackai, 1985).

- *Alcidodes leucogrammus* (Erichson) (Coleoptera : Curculionidae) est un autre coléoptère qui attaque sporadiquement le niébé en Afrique de l'Ouest et de l'Est (Singh et Jackai, 1985; Singh et van Emden, 1979). Les larves forent les tiges et se nourrissent à l'intérieur, causant ainsi un rabougrissement des plantes et, plus tard, leur mort (Singh et Jackai, 1985).

5.4. Les insectes ravageurs du niébé stocké

Après le champ, les graines de niébé subissent souvent dans les stocks d'importants dégâts.

Ces dégâts sont l'œuvre de plusieurs coléoptères de la famille des bruchidées dont les espèces les plus communes en Afrique de l'Ouest sont : *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), *C. chinensis* (Linnaeus), *C. rhodesianus* (Pic) et *Bruchidius atrolineatus* (Pic) (Booker, 1967; Singh et Jackai, 1985; Singh et Allen, 1979; Jackai et Daoust, 1986; Akingbohunge, 1976). Mais les espèces les plus importantes économiquement sont *Callosobruchus maculatus*, et *C. chinensis* (Singh et Jackai, 1985; Taylor, 1974). *C. rhodesianus* et *Bruchidius atrolineatus* seraient plutôt rares (Booker, 1967).

C. maculatus est un petit coléoptère ayant des taches sombres sur les élytres. Les infestations commencent au champ sur les gousses presque à maturité et s'aggravent après les récoltes dans les greniers (Booker, 1967; Singh, 1985). Les adultes profitent des trous creusés sur les gousses par les autres ravageurs pour déposer leurs œufs directement sur les graines (Singh et Jackai, 1985; Jackai et Daoust, 1986). Les adultes vivent 5 à 8 jours et chaque femelle peut pondre 30 à 80 œufs (Singh et Allen, 1979; Singh et Jackai, 1985). Les œufs éclosent en 3 à 5 jours et les larves pénètrent dans les graines et y passent leur vie entière (Roman, 1931). Les adultes émergent ultérieurement par les trous creusés par les larves. Le cycle de vie dure 30 à 35 jours (Singh et Jackai, 1985; Viaud, 1983).

C. maculatus comporte deux phases morphologiquement distinctes. Une phase dite "normale", pratiquement non voilière, qui ne se rencontre que dans les stocks et à fort taux de multiplication; et une phase "active", bonne voilière, à faible taux de multiplication, n'apparaissant que dans les stocks fortement envahis et seule à être rencontrée dans la nature (Decelle, 1972).

Les dégâts de *C. maculatus* affectent dangereusement le niébé et les chutes de rendement, au Nigéria, ont été estimées à près de 1,6 millions de dollars par an (Singh, 1985). Sans oublier que plus de 37% des graines peuvent être perforés, entraînant ainsi des pertes de qualité et de valeur marchande (Taylor, 1974).

La lutte chimique contre la bruche du niébé peut commencer au champ par l'application de pirimiphos-méthyl ou avoir lieu dans les stocks par la fumigation à la phostoxine (Singh et Jackai, 1985). Le mélange des graines de niébé avec de l'huile d'arachide (5 ml d'huile par kilogramme de graines) est un usage ancien qui s'est montré pratique et efficace pour la protection des stocks, particulièrement chez les petits paysans (Jotwani et Sircar, 1965; Singh, 1985). Les travaux de Jotwani et Sircar (1965 et 1967), ceux de Sowunma et al. (1983), de Das et Karim (1983) et de Jotwani et Akinnusi (1983) montrent que le mélange des graines de niébé avec la poudre d'amande de Neem (*Azadirachta indica* L.) protège efficacement les graines pendant près de 9 mois sans que cela n'affecte ni leur pouvoir germinatif, ni leur qualités organoleptiques. Enfin quelques variétés modérément résistantes en stock (exemple : TVu 2027), et deux autres variétés (TVu 625 et TVu 4200) modérément résistantes aux attaques sur les gousses ont été identifiées (Singh, 1977; Viaud, 1983; Singh et Allen, 1979).

6. Les maladies du niébé

Les cultures de niébé souffrent de plusieurs maladies importantes qui sont responsables de la détérioration de la qualité des semences, de la fonte des plantules et de la destruction des tiges et des racines. Ces maladies comprennent :

- des viroses dont entre autres : - le virus de la mosaïque jaune du niébé,

- le virus de la marbrure du niébé,
- le virus de la mosaïque du tabac,
- le virus de la mosaïque transmis par les aphides.

Ces virus sont transmis par des insectes comme *Oothea mutabilis*, *Sericothrips occipitalis*, *Megalurothrips sjostedti*, et *Aphis craccivora*. Ils peuvent avoir des conséquences catastrophiques et constituent un sérieux obstacle à la production du niébé (Thottaphilly et Rossel, 1985, Rossel, 1977).

- des maladies fongiques comme : - la fonte des semis dont les agents pathogènes sont *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp et *Rhizoctonia solani* Kuhn;

• les maladies foliaires : l'antracnose due à *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Bri. & Car. et la cercosporiose due à *Cercosporia canescens* Ellis & Martin et à *C. cruenta* Sacc. (Emechebe et Shoyinka, 1985).

- des maladies bactériennes dont les pustules bactériennes dues à *Xanthomonas* sp., le flétrissement bactérien dû à *Xanthomonas vignicola* Burkholder (Emechebe et Shoyinka, 1985).

- des nématodes : Le niébé est attaqué par près de 24 espèces de nématodes dont 15 ont été recensées au Nigéria. Parmi ces nématodes, les plus dévastatrices sont trois nématodes des nodosités racinaires, dont *Meloidogyne incognita* (Kofoid & Whyte/Chutwood), qui peuvent causer des pertes énormes de rendement (Caveness et Ogunfowora, 1985; Mariga et al., 1985).

7. Les adventices du niébé

Les espèces de mauvaises herbes associées au niébé diffèrent d'une région à une autre, tant par leur composition floristique que par l'intensité des infestations. La distribution est affectée par des facteurs tels le système de culture, les méthodes de contrôle et la fréquence de la culture (Poku et Akobundu, 1985). Les adventices du niébé les plus communément rencontrées en champ sont : *Synedrella nodiflora*, *Talinum triangulare*, *Acanthospermum hispidum*, *Amaranthus* spp., *Commelina bengalensis*, *Brachiaria* spp., *Digitaria* spp., *Cynodon dactylon*, *Paspalum* spp., *Eleusine indica*, *Euphorbia heterophila* (Moddy, 1973; Poku et Akobundu, 1985). Outre le fait qu'elles entraînent des baisses de rendement plus ou moins importantes, les mauvaises herbes sont reconnues comme étant des facteurs aggravant les dommages dûs aux insectes, probablement en offrant à ceux-ci un environnement favorable et en réduisant l'efficacité des traitements chimiques (Muleba et Ezumah, 1985; Poku et Akobundu, 1985).

La lutte contre les mauvaises herbes inclue des méthodes culturales (arrachage, rotation des cultures, cultures associées) (Moddy et Reedy, 1981), le contrôle biologique par l'utilisation des ennemis naturels locaux ou introduits, la lutte chimique par l'utilisation d'herbicides. Certaines espèces de mauvaises herbes annuelles sont efficacement contrôlées par des applications, en pré-émergence, de métholachlore, de pendiméthaline et de DCPA, et , en post-émergence, de fluazifop-butyl et de sethoxydim (Poku et Akobundu, 1985; IITA, 1983).

Parmi les plantes parasites, *Striga gesnerioides* (Willd.) et *Alectra volgelii* Benth. sont celles qui localement peuvent causer au niébé des dommages importants (Hosmani, 1973;

Aggarwal, 1985). *S. gesnerioides* à une large gamme de plantes hôtes comprenant des solanacées, des convolvulacées, des Euphorbiacées, des légumineuses et des graminées (Aggarwal, 1985; Aggarwal et al., 1986) et se rencontre plus dans les régions sèches et chaudes comme le Soudan et la savane sahélienne (Muleba et Ezumah, 1985). *Alectra vogelii* est plutôt associée aux régions sèches mais fraîches comme la savane nord-guinéenne (Muleba et Ezumah, 1985).

Chapitre III. Le Sorgho, *Sorghum bicolor*(L.) Moench

Le Sorgho, *Sorghum bicolor*(L.) Moench, est aujourd'hui une des principales céréales alimentaires dans le monde. Il vient en cinquième position, tant en superficie occupée qu'en production, après le blé, le riz, le maïs et l'orge (Young et Teetes, 1977). Aujourd'hui le sorgho est cultivé partout dans le monde sur les cinq continents, et constitue la base alimentaire de plusieurs millions d'hommes, en Afrique et en Asie. L'Amérique du Nord produit à peu près 50% du tonnage mondial de sorgho grain, et l'Afrique et l'Asie, malgré l'exploitation des 3/4 de la superficie mondiale de sorgho contribuent seulement pour 1/3 de la production mondiale (Vereesh, 1985). Dans la zone sahélienne de l'Afrique occidentale, le sorgho est préféré au mil dans les régions Sud alors que le contraire est observé dans le Nord. Dans cette zone, les rendements en champs paysans sont extrêmement bas, allant de 400-800 kg/ha (Nwanze, 1987). La faiblesse des rendements et leur diminution d'année en année sont attribuées à des facteurs variés comme la pauvreté des sols, les conditions climatiques défavorables, les insectes ravageurs, les maladies, les mauvaises herbes et plusieurs contraintes socio-économiques et politiques (Nwanze, 1985).

1. Origine

Le sorgho est originaire de l'ancien monde et probablement de la partie Nord-Est de l'Afrique où la variabilité des sorgho cultivés et sauvages est maximale (Teetes et al. 1980; Irvine, 1979; Moule, 1980). Mais le sorgho est actuellement répandu dans l'ensemble de la zone intertropicale et se rencontre même dans les régions tempérées.

2. Systematique et Morphologie

Le genre *Sorghum* appartient à la tribu des Andropogonées et se divise en plusieurs espèces qui ont fait l'objet de diverses classifications.

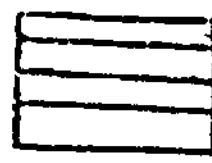
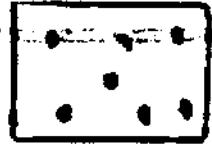


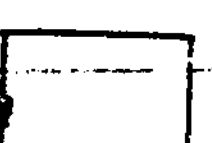
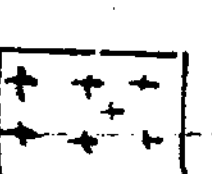
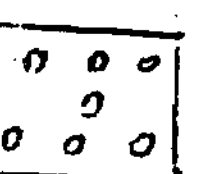
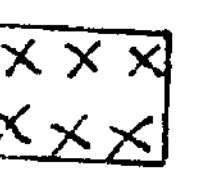

La couleur du grain varie du blanc translucide à un brun rougeâtre très sombre en passant par le rose, le rouge, le jaune, le brun et les nuances intermédiaires (Miller, 1980). La couleur du grain dépend de la pigmentation du péricarpe, des testa et de l'endosperme.

Le sorgho a des feuilles alternes. Dans les variétés naines les gaines foliaires se superposent mais, en général, dans les types de grandes tailles une partie de l'autre-noeud est découverte. La taille de la feuille dépend de la dimension de la tige et de la précocité de la variété. Les feuilles sont recouvertes d'une couche cutinisée qui retarde la dessiccation pendant les périodes de sécheresse (Miller, 1980).

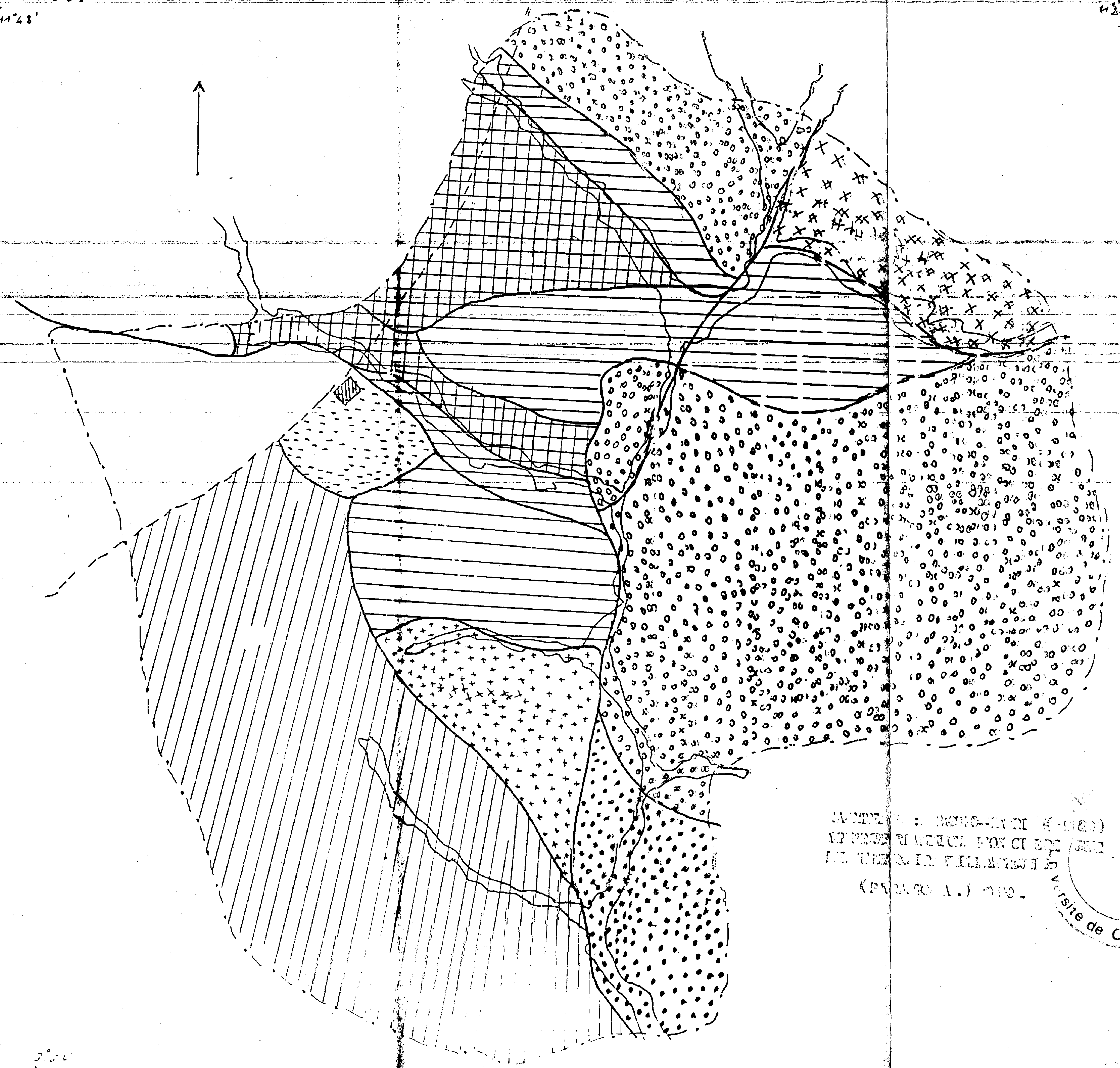
L'inflorescence du sorgho est une panicule dont la forme peut être compacte ou bien ouverte et lâche, et dont la longueur totale va de 10 à 50 cm. La panicule est le prolongement de l'axe végétatif. Les graines sont enfermées dans les glumes et couvertes plus au moins complètement.

ECHELLE : 1/50 000

LEGENDE

-  FAMILLE PENI
-  " DAKONI
-  " LABAKONI
-  " LAYOUNI
-  " HAMBONI
-  " DAKONI, BENOUFONI
-  " HAPARONI, ET TOUGOUROU
-  " GHANOUNI ET KOROKARANI
-  TOUTES LES FAMILLES

SOURCE : IMAGE SPOT OCTOBRE 1988 (TOULOUSE)



UNIVERSITE DE NIAMEY (1988)
 LE PROJET DE RECHERCHE ET DE
 DEVELOPPEMENT DES VILLAGES
 (BANKO A.) 1988.



3. Ecologie

La production de sorgho atteint sa plus forte concentration dans les zones à pluviométrie allant de 600 à 1000 mm ou plus par an (Kassam, 1976). Mais à l'heure actuelle la production intéresse l'ensemble des continents du globe dans une zone allant de 40° Nord à 40° Sud (Teetes et al, 1980).

Les variétés locales sont photopériodiques et parce qu'elles fleurissent à la fin de la saison pluvieuse leur cycle de développement varie de 120 à 135 jours dans le Nord de la savane soudanienne à 240 jours ou plus dans le Sud. Le nombre d'entre-nœuds et la hauteur varient aussi de 13 à 30 et de 3 à 6 m respectivement selon la longueur du cycle végétatif (Andrew et Kassam, 1975). Miller et al., (1968) ont montré que le photopériodisme était différent selon les variétés et que certaines d'entre elles réagissaient à un changement de la longueur du jour de quelques minutes seulement. Selon Cocheme et Franquinze (1967) la sensibilité à la photopériode est modifiée par la température.

Le sorgho est adapté à une large gamme de conditions écologiques. Il peut tolérer les conditions de chaleur et de sécheresse mieux que le maïs et peut supporter les conditions périodiques d'engorgement du sol qui se produisent dans les mois d'Août et de Septembre, dans la majeure partie de la savane ouest africaine. Le sorgho croît bien sur les sols lourds mais peut croître de manière satisfaisante sur les sols légèrement sableux. Il peut être cultivé sur des sols à pH allant de 5,0 à 8,9 et tolère la salinité mieux que le maïs (Kassam, 1976).

4. Croissance et développement

Les stades phénologiques du sorgho sont identiques à ceux des autres céréales. Vanderlip et Reeves (1972) ont décrit neuf stades phénologiques différents. Les semences de haute qualité et à texture normale germent rapidement dans le sol à des températures au-dessus de 16°C. La température minimale pour la germination est de 7 à 10° C (Kassam, 1976). Les jeunes plantules résistent à des températures de 7 à 8° C pendant de courtes périodes mais les plantes plus âgées sont tuées à des températures à peine inférieures à zéro. Les températures optimales pour la croissance paraissent se situer autour de 27 à 32°C, mais les valeurs réelles dépendraient du vent et de l'humidité relative (Miller, 1980). La formation des organes floraux est hâtée par les journées courtes (moins de 12 heures) et retardée par les journées longues (Miller et al., 1968).

En général, les sorgho hybrides mûrissent dans l'espace de 100 à 140 jours. Mais les différences sont très grandes puisqu'il y a des sorgho de 60 jours et d'autres de 300 jours et plus. Les différences de précocité sont dues aux réactions à la température et à la photopériode (Miller, 1980). Selon le même auteur il y aurait une relation inverse entre le rendement et la précocité. En général, les rendements augmentent proportionnellement au temps de maturation jusqu'au point où la croissance est gênée par des facteurs limitants. La précocité permet d'avancer la date de récolte pour empêcher la détérioration des graines, le moisissement des semences ainsi que les attaques des insectes et de maximiser le rendement.

L'exposition à des températures élevées entrave la germination et l'initiation florale diminuant le rendement en grains. Les hautes températures avant l'initiation florale et la fin de la formation des panicules, produisent l'avortement des fleurs. Il suffit de chaleurs modérées après l'anthèse pour provoquer l'avortement de l'embryon (Foendr, 1972). Bien que le sorgho soit tolérant à la sécheresse il

répond bien à l'irrigation d'appoint. La quantité d'eau nécessaire pour donner un rendement maximal en grain est variable parce que la température, l'humidité relative, les vents et l'eau du sol influent tous sur le taux d'évaporation et de transpiration (Miller, 1980). La période vitale pour l'eau est le stade grain pâteux.

L'absorption des éléments minéraux influe beaucoup sur la croissance du sorgho et sur le rendement final. La réponse à la fertilisation dépend, selon Goldworthy (1967) de la région et de la variété. Les quantités d'éléments fertilisants exportées dans les parties aériennes de la plante dépendent du niveau de production et des conditions de culture. Les grandeurs suivantes peuvent en donner une indication (Ministère de la Coopération, 1984) :

Exportation en kg/100 kg de grains

N	2,9-3,7
P ₂ O ₅	0,7-1,3
K ₂ O	1,7-3,8

5. La culture du sorgho

Le Sorgho est cultivé comme une culture pluviale mais certaines cultures de sorgho sont réalisées dans des conditions particulières sur des sols bien alimentés en eau en saison sèche :

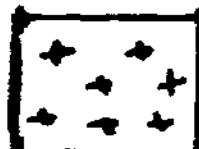




- en décrue (vallée du Niger et du Sénégal)
- sur des sols très argileux (bassin tchadien).

La pratique traditionnelle consiste à semer le plus tôt possible au cours de la saison pluvieuse. Les semences sont semées sur billons ou à plat et souvent butter ultérieurement, 30 à 45 jours après. La date de semis a un effet marqué sur les rendements des variétés locales et des variétés améliorées photosensibles (Kassam, 1976). La date de semis doit être précoce, ce qui permet d'augmenter la durée du cycle végétatif, l'épiaison ayant lieu à une date fixe. Les sorgho semés tardivement sont beaucoup plus attaqués par les ravageurs et notamment la mouche du pied (*Atherigona* sp.) (Ministère de la coopération, 1984). Divers écartements sont préconisés selon la variété et la longueur du cycle. Au Burkina Faso, il est préconisé pour les variétés locales des écartements de 0,80 x 0,40 m ou 0,60 x 0,60 m (Ministère de la coopération, 1984). Pour les variétés améliorées photosensibles à cycle long et celles non photosensibles à cycle court les espacements, généralement, préconisés sont de 0,10-0,30 x 0,45-0,90 m (Kassam, 1976).

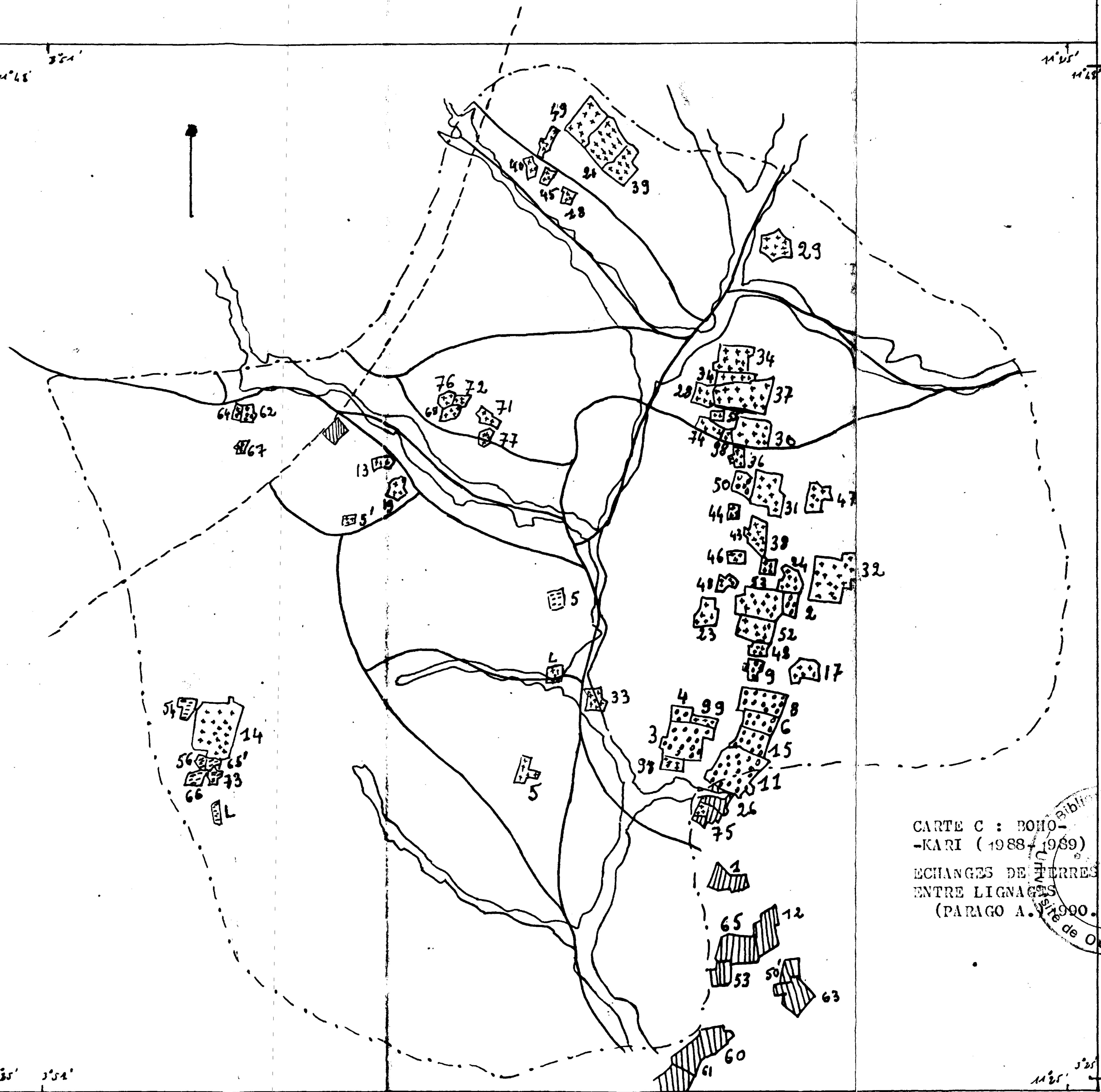
La réponse à la fertilisation varie selon les variétés et les localités mais pour des rendements de plus de 3000 kg/ha les doses expérimentales appliquées sont de l'ordre de 60-140 kg/ha d'azote et 60-95 kg/ha de P₂O₅ (Heathcote, 1972)

ECHELLE : 1/50 000

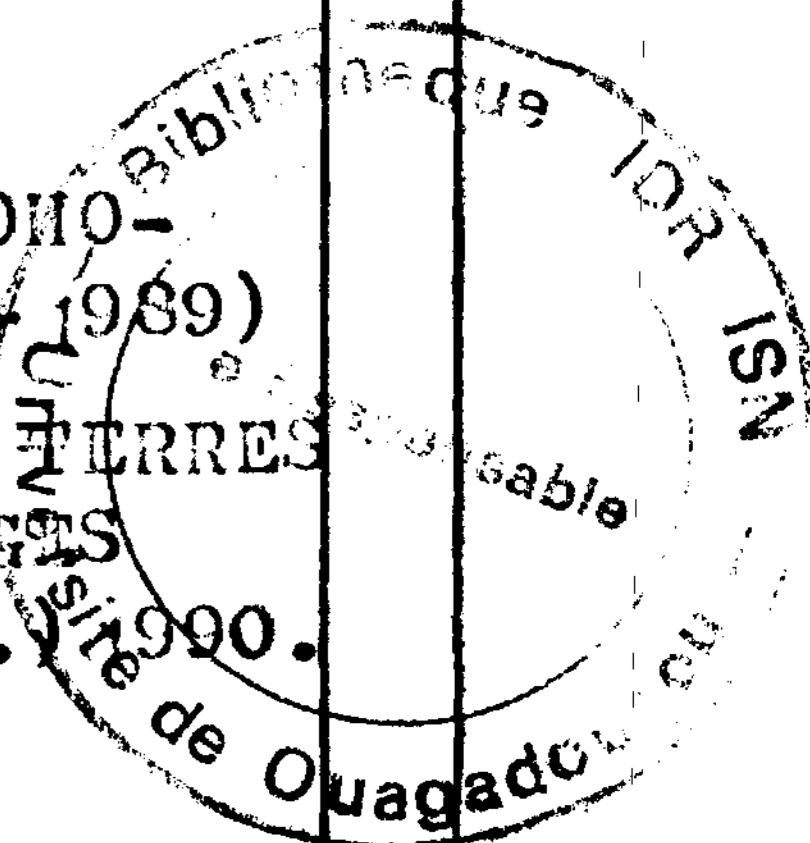
LEGENDE

-  EXPLOITATIONS SUR TERRES DU LIGNAGE PROPRIETAIRE
-  EXPLOITATIONS ETRANGERES SUR TERRES WEREKE
-  EXPLOITATIONS ETRANGERES SUR TERRES BONBE
-  EXPLOITATIONS ETRANGERES SUR TERRES LOHOUARA
-  EXPLOITATIONS HORS TERRITOIRE

SOURCE : IMAGE SPOT OCTOBRE 1988 (TOULOUSE)



CARTE C : BOMO-KARI (1988-1989)
ECHANGES DE TERRES ENTRE LIGNAGES (PARAGO A. 1990.)



6. Utilisation du sorgho

Le Sorgho entre directement dans l'alimentation humaine. Au Burkina Faso, et d'une manière générale dans tout le Sahel, le sorgho est un aliment de base et souvent même exclusif pour beaucoup de millions de personnes. L'une des principales préparations culinaires est le tô, gâteau de pâte de farine de sorgho, consommé avec diverses sauces d'herbes potagères.

Le sorgho sert aussi, à l'alimentation du bétail, sous forme de grain ou de fourrage, contribuant ainsi à la production de lait et de viande pour l'alimentation humaine. Il est également une source importante de boissons alcoolisées et de sirops. Les tiges de sorgho constituent, dans certaines régions sahéliennes, une source importante d'énergie domestique. Elles sont également utilisées dans l'artisanat (vannerie, construction).

7. Les ravageurs et maladies du sorgho dans le Sahel

7.1. Les insectes ravageurs du sorgho

Plus de 100 espèces d'insectes ont été recensées comme nuisibles au sorgho, mais quelques unes seulement sont actuellement d'importance économique et appartiennent aux trois ordres suivants : Diptera, Lepidoptera, et Hemiptera (Nwanze, 1984; Vereesh, 1985). La cécidomyie du sorgho, *Contarinia sorghicola* (Coquillet), la mouche du pied, *Atherigona soccata* (Rondani), le borér, *Chilo partellus* (Swinhoe) et le puceron vert, *Schizaphis graminum* (Rondani) sont des ennemis de première importance dans différentes zones géographiques et dans différents écosystèmes agricoles (Teetes et al., 1980). D'autres ennemis, d'importance secondaire, peuvent être présents dans les champs de sorgho ou dans les zones avoisinantes, mais en générale, leurs effectifs sont inférieurs aux seuils de dommage. Un troisième groupe d'ennemis occasionnels ne provoque des dommages économiques que dans des zones localisées et à des périodes déterminées.

Les ravageurs terricoles. Les parties basses et souterraines du sorgho sont attaquées par les vers blancs, les vers gris, les vers fil de fer, les taupins et les chrysomèles qui coupent soit le pied à sa base, soit les racines, provoquant la destruction ou la verse des pieds. En Afrique, parmi les vers blancs *Schizonicha* sp. (Coleoptera : Scarabeidae) est un ennemi occasionnel. Les vers gris (Lepidoptera : Noctuidae) et les vers fil de fer, qui sont des coléoptères appartenant à la famille des Elateridés ou à celles des Tenebrionidés, se rencontrent dans le monde entier (Teetes et al., 1980, Teetes et al., 1983).

Les ravageurs des plantules. Les plantules de sorgho sont attaquées sporadiquement par des coléoptères défoliateurs de la famille des chrysomelidés. Mais les mouches du pied, *Atherigona* sp. (Diptera : Muscidae) restent de loin les pires ennemis des plantules en Afrique et en Asie (Deeming, 1971; Jotwani et Young, 1976; Young et Teetes, 1977). Utilisant la poudre de poisson comme appât. Bonzi et Gahukar (1983) ont identifié au Burkina 23 espèces du genre *Atherigona* dont les plus importantes sont *Atherigona freyi*, *A. humeralis*, *A. lineata*, *A. longifolia*, *A. samaruensis*, *A. soccata* Rondani et *A. margifolia*. Les deux dernières espèces représentaient respectivement 14 et 36 % des mâles capturés. Les deux auteurs ont également capturé une espèce d'un genre voisin, il s'agit de *Acritochaeta orientalis* Schiner.

Normalement les plantules sont attaquées durant les quatre premières semaines de croissance par les larves. Elles forment la base de la plante, provoquant ainsi le symptôme caractéristique de "cœur mort". Suite à la rupture dans l'alimentation des parties supérieures de la plante, les feuilles centrales se fanent et meurent (Ssepsawadi, 1971, Young et Teetes, 1977).

Les semis tardifs prédisposent, généralement, aux attaques par les mouches du pied. Selon Nwanze (1988), au Burkina Faso, les mouches du pied se manifestent beaucoup plus dans les zones Sud et centrales du pays, alors qu'elles paraissent n'avoir aucune importance économique dans l'Est et le Nord où les dommages (en % de "cœurs Morts") sont inférieurs à 1%.

La lutte contre les mouches du pied inclue les méthodes culturales, l'utilisation des insecticides systémiques et les variétés résistantes. L'ajustement des dates de semis permet de réduire les attaques en dessous des niveaux de dommages économiques (Young et Teetes, 1977, Teetes et al., 1980). Les insecticides systémiques, tels que le carbofuran, le phorate et le disulfuron, appliqués en granulés dans les sillons de semis, se sont révélés efficaces, mais leur coût élevé a été un frein à leur utilisation généralisée (Ssepsawadi, 1971).

Les ravageurs du feuillage. Les pucerons et les chenilles légionnaires sont les insectes qui causent le plus de dommages aux tissus foliaires du sorgho, à tous les stades de développement et de croissance (Jotwani et Young, 1976; Teetes et al., 1980). Parmi les pucerons, *Schizaphis graminum* (Rondani) est de première importance (Young et Teetes, 1977). Les infestations sont décelées par la présence sur les feuilles de taches rougeâtres dues aux toxines injectées par les morsures des pucerons établis en colonies sur les faces inférieures des feuilles (Teetes et al., 1980, Teetes et al., 1983). Parmi les autres pucerons attaquant le feuillage du sorgho, peuvent être mentionnés, le puceron de la feuille du maïs, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.), le puceron jaune du mil, *Melanophis sacchari* (Zehntner) et le puceron de la canne à sucre, *Aphis sacchari* Zehntner (Teetes et al., 1983, Young et Teetes, 1977). Ces pucerons peuvent également transmettre le virus de la mosaïque nanissante du maïs et peuvent prédisposer le sorgho à l'infection par *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby (Young et Teetes, 1977; Teetes et al. 1980).

D'autres homoptères attaquent également les feuilles du sorgho. En Afrique de l'Ouest l'espèce dominante est *Poophilus costalis* (Wlk.) (Homoptera : Cercopidae) (Nwanze, 1985). Un autre homoptère de la même famille, *P. griseocens*, se rencontre en nombres peu élevés. Les dégâts sont causés par les nymphes qui piquent et sucent le contenu cellulaire avec injection de toxines salivaires. Ces dégâts se caractérisent par des bandes chlorotiques et dans les cas d'infestations sévères, la croissance est affectée et les panicules sont très petites (Nwanze, 1985). Le même auteur a observé au Burkina Faso deux générations de *P. costalis* avec des pics en début Août et en mi-Septembre.

Des légionnaires qui consomment les feuilles du sorgho en Afrique de l'Ouest, les plus importants sont, *Spodoptera exempta* (Wlk.) et *S. exigua* (Hub.) (Lepidoptera : Noctuidae) (Teetes et al., 1980; Teetes et al., 1983; Nwanze, 1985). Ce sont les chenilles qui causent les dégâts. Elles sont grégaires et se déplacent en bandes très denses dans les végétations. *S. Exempta* s'attaque aussi bien aux pâturages qu'aux céréales (Teetes et al. 1983). Les attaques seraient liées aux poches de sécheresse au cours de la saison de culture (Brown et Mohamed, 1972; Nwanze, 1985). D'autres lépidoptères défoliateurs, tels que *Amsacta moloneyi* (Dru.) (Lepidoptera : Arctiidae), *Spodoptera littoralis* (Lind.) (Lepidoptera : Noctuidae) et *Marasmia trapezalis* (Lepidoptera :) causent

occasionnellement des dégâts, habituellement peu importants (Young et Teetes, 1977, Nwanze, 1985).

Parmi les criquets et les sautériaux *Oedaleus senegalensis* (Krauss), *O. nigeriensis*, *Aliopus simulatrix*, *Locusta Migratoria*, *Kraussaria angulifera*, *Zonocerus variegatus* et *Schistocerca gregaria* sont également des défoliateurs pouvant, certaines années, causer des dommages remarquables aux cultures de sorgho (Jotwani et Young, 1976, Teetes et al, 1983, Nwanze, 1985).

Les insectes mineurs des tiges de sorgho. Les Lépidoptères foreurs des tiges constituent un des groupes d'insectes les plus importants qui attaquent les cultures de sorgho à travers le monde. En minant les tiges et les pédoncules, les foreurs peuvent réduire sérieusement la production de grains et de fourrage. La distribution des espèces et leur incidence paraissent liées à la pluviométrie (Nwanze, 1981). Les principaux foreurs du sorgho sont presque exclusivement des larves de lépidoptères appartenant aux familles des Pyralidés et des Noctuidés (Appert, 1964). En Afrique occidentale, le foreur de première importance est *Busseola fusca* Fuller (Lepidoptera : Noctuidae) (Appert, 1964; Nwanze, 1981, 1985 et 1988). La femelle de *B. fusca* peut pondre environ 1000 oeufs déposés en lots d'environ 150 oeufs dans les cornets. Ces oeufs éclosent au bout de 3 semaines (Appert, 1964, 4 Usua, 1968). Les deux premiers stades larvaires s'alimentent au dépend les feuilles du cornet et ce n'est que le 3^e stade qui pénètre dans la tige en perforant les jeunes feuilles enroulées. Le cycle vital prend environ 5 semaines mais en fin de saison pluvieuse *B. fusca* entre en diapause suite au dessèchement des plantes (Appert, 1964). D'après les travaux de Nwanze (1985 et 1988), au Burkina Faso, *B. fusca* serait restreint à la zone au-dessus de la latitude 11° 3' N (région de Bobo-Dioulasso). Au Nord de cette latitude *B. fusca* est remplacé par la mineuse des tiges de mil, *Acigona ignefusalis* qui attaque rarement le sorgho dans le Sud de cette latitude.

Outre *B. fusca*, les autres lépidoptères foreurs des tiges de sorgho dans la zone sahélienne d'Afrique occidentale sont :

- *Sesamia calamistis* Wlk. (Lepidoptera : Noctuidae) (Appert, 1950; Usua, 1968; Teetes et al. 1983; Nwanze 1985 et 1988).

- *Eldana saccharina* Wlk. (Lepidoptera : Pyralidae) Appert, 1950; Bonzi, 1982; Teetes et al, 1983; Nwanze, 1985 et 1988).

- *Chilo diffusilineus* De Joannis (Lepidoptera : Pyralidae), (Bonzi, 1982)

Au Burkina Faso, *S. calamistis* et *Eldana saccharina* paraissent se restreindre à la zone en dessous de la latitude 12° N (Nwanze, 1989). Les attaques de *Chilo diffusilineus* sont très peu importantes sur le sorgho car celui-ci préfère le mil (Bonzi, 1982).

Les ravageurs des panicules. Les insectes attaquant les panicules et les graines en développement peuvent être classés en 4 principaux groupes : la cécidomyie, les punaises suceuses, les chenilles des panicules et les coléoptères (Young et Teetes, 1977).

La cécidomyie du sorgho, *Contarinia sorghicola* Coq. (Diptera : Cecidomyiidae) est probablement le ravageur le plus largement répandu de tous les ravageurs du sorgho, et elle se rencontre dans toutes les régions du monde où le sorgho est cultivé (Young et Teetes, 1977). La femelle pond ses oeufs dans les épillets en floraison, des graminées du genre *Sorghum*. Le nombre d'oeufs déposés varie considérablement mais est habituellement de l'ordre de 150 oeufs/femelle (Teetes,

1985). En fonction des conditions environnementales, une génération entière prend 14 à 22 jours (Young et Teetes, 1977, Teetes et al. 1980). Les larves se développent dans les épislets, en s'alimentant sur les graines en formation. Une seule larve suffit pour détruire une graine (Standford et al., 1972; Young et Teetes, 1977). Mais d'après l'ICRISAT (1980) les infestations par la cécidomyie sont habituellement faibles, quoique des pullulations sévères localisées aient été observées, comme en 1975 au Burkina Faso dans la région en dessous de 13° N correspondant à l'isohyète 700 mm. Au Burkina Faso et au Mali, les adultes apparaissent en mi-Août avec des pics de population en mi ou fin Septembre, période qui coïncide avec la floraison des variétés locales photo-sensibles (Nwanze 1985 et 1988).

La lutte culturale est actuellement la méthode la plus efficace contre *C. sorghicola*. Certains ennemis naturels ont été recensés (Teetes, 1985, Gilstrap, 1980).

Quoique les dégâts des punaises des panicules soient connus en Afrique de l'ouest, le complexe des espèces de punaises des panicules a été peu étudié. Lors de récentes études dans le Nord du Nigéria il a été collecté 17 espèces d'hémiptères dans les panicules de sorgho dont 80 % appartiennent à la famille des Miridés (Nwanze, 1985). Selon le même auteur, au Burkina Faso, l'espèce la plus importante est *Eurytylus bellevoeyi* (Hemiptera : Miridae). Il a également été collecté au Burkina Faso, d'autres miridés tels que *Adelphocoris apicalis* et *Campylomma pallidus*, des pyrrhocoridés (*Dysdercus volkeri*), des pentatomidés (*Agonoscelis pubescens*, *Delycoris indicus*, *Menida distant*), des lygaéidés (*Lygaeus pandurus* Scop. et *L. Rivularis* Germ.) (Nwanze, 1985). Teetes et al. (1983) signalent en outre *Calocoris angustatus* Clouthery (Hemiptera : Miridae), *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera : Pentatomidae) qui est cosmopolite, *Calidea dregii* (Germar) (Hemiptera : Pentatomidae), ainsi que les 3 lygaéidés suivantes : *Nysus raphanus* (Howard) *Leptoglossus phyllopus* (L.) et *Spilosthetus* sp. (Teetes et al., 1983; Nwanze, 1985).

Les dégâts des punaises des panicules sont causés par les larves et les adultes qui sucent la sève des graines en formation. Il s'en suit que, attaquées à un stade précoce de développement, les graines se dessèchent, ce qui réduit le poids à la récolte. Il arrive fréquemment que les graines endommagées soient également infestées de champignons qui provoquent leur noircissement, entraînant par la suite une perte de qualité (Teetes et al, 1983).

Les lépidoptères dont les chenilles attaquent les panicules de sorgho sont très répandus en Afrique de l'Ouest. Les plus répandus sont les espèces du *Pyroderces* sp. et *Eublemma gayneri* Roths (Nwanze, 1985). Les autres sont des espèces du genre *Heliothis* (exemple *H. armigera*) *Selebria mesozonelle* Bradt., *Sitotroga cerealella* (Oliv.), *Stathmopoda auriferella* Wlk (Teetes et al, 1980; Nwanze, 1985). Ailleurs d'autres lépidoptères, tels que *Nola analis* (Wileman e West) (Lepidoptera : Nolidae), sont également rencontrés (Teetes et al, 1983).

Un certain nombre de coléoptères attaquent les panicules du sorgho et consomment les anthères, les stigmates, les pétales des fleurs ainsi que les graines en formation. Les plus communs sont les méloïdés, tels que *Psalydolytta fusca*, *P. vestita*, *P. thersa*, *Cylindrothore westermanni* Wlk., *Mylebris affinis* et *M. pustulata* (Thunberg), mais souvent aussi, les scarabéidés comme *Fachnoda cordata* Dry. et *F. interrupta* et *Pseudotaenita burmeisteri* (Jotwani et Young, 1976; Teetes et al, 1983; Nwanze 1985) sont rencontrés dans les panicules du sorgho.

Les ennemis des grains entreposés. Après la récolte, le sorgho est, comme toutes les autres céréales, attaqué par de nombreux insectes ravageurs. Les graines de la panicule nue de sorgho sont plus vulnérables que celles des autres céréales aux infestations en champs par les charançons *Sitophilus oryzae* (L.) et *S. zeamais* Motsch et par la teigne des céréales *Sitotraga cerealella* (Oliv.) (Teetes et al, 1980). Ces deux espèces cosmopolites sont probablement celles qui révèlent la plus grande importance car elles sont capables de s'attaquer à des grains entiers et sains. Outre les trois ci-dessus cités, parmi les coléoptères il y a également *Crytolestes pusillus* (schonher) (Cicujidae); *Tribolium confusum* (du Val) *T. castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae), *Rhizopertha dominica* (Fabricus) (Bostrychidae). Parmi les lépidoptères il y a aussi *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Pylalidae) et *Plodia interpunctella* (Hub.) (Pylalidae) (Jotwani et Young, 1976; Teetes, 1980; Teetes et al 1983).

7.2. Les maladies du sorgho

Le sorgho comme la plupart des plantes cultivées, est en bute à diverses maladies. Leur importance varie d'une année à une autre et d'une région à une autre en raison du milieu physique, des géotypes végétaux et des techniques culturales et de l'interaction de ces complexes (Fredericksen, 1980). Les principales maladies du sorgho sont :

- Les charbons : Charbon couvert (*Sphacelotheca cruenta* (Kuhn) Potter)
- Charbon nu (*S. sorghi* (Link) Clint)
- Charbon allongé (*Tolyposporium echrenbergii* (Kuhn) Potter)
- Ergot (*Sphacelia sorghi* Mokae)
- Les moisissures des grains
- Le mildiou (*Sclerospora sorghi* Westonc et Uppal)
- La maladie de la suie (*Ramulispora sorghi*)
- L'antracnose (*Colletotrichum graminicola* Ces.)
- Les maladies foliaires (Cercosporiose, Helminthosporiose) (King, 1976; Fredericksen, 1980).

7.3. Les adventices des cultures de sorgho

Les mauvaises herbes peuvent constituer un grand problème pour la culture de sorgho. La composition floristique est celle commune aux cultures exondées comme le mil et le maïs. La flore adventice du sorgho est surtout dominée par des espèces comme *Cyperus* spp., *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Eleusine indica*, *Digitaria* spp., *Setaria* spp., *Rottboellia exaltata*, *Echinochloa* spp., *Cenchrus* spp. *Ipomea* spp. et *Amaranthus* spp. (Kranz et al., 1981).

Comme pour le mil, le *Striga* (*Striga hermonthica* Benth. et *S. asiatica* (L.) Kuntze) constitue un véritable danger pour la production du sorgho. Des réductions importantes de rendements surviennent généralement dans les champs fortement infestés.

Chapitre IV. LE MIL, *Pennisetum thyphoides* (Burm.) Staph & Hubbard

Appelé aussi mil à chandelle ou encore mil pénicillaire, *Pennisetum thyphoides* (Burm.) Staph & Hubbard, serait originaire d'Afrique et probablement de la savane ouest africaine (Kassam, 1976). Il appartient à la famille des graminées et à la tribu des panicées. Il s'agit d'une céréale alimentaire de grande importance dans les zones soudano-sahéliennes et pré-désertiques d'Afrique. Le mil occupe en Afrique de l'Ouest une superficie estimée à près de 12,2 millions d'hectares dont plus de 93% sont au Burkina Faso, au Mali, au Niger, au Nigeria et au Sénégal. C'est une céréale qui a d'énormes potentialités de production en raison de ses capacités à produire dans des zones pauvres et à faibles pluviométries (200 à 450 mm). Mais des contraintes à la fois biotiques et abiotiques limitent l'expression de ces potentialités, surtout celles des variétés améliorées. Cela, en conjonction avec le faible niveau d'utilisation des intrants de production, fait que dans la zone sahélienne, les rendements moyens varient de 200 à 600 kg/ha (Nwanze, 1989). Parmi les contraintes biotiques les insectes occupent une place prépondérante, particulièrement depuis la sécheresse des années 1970 qui a vu la recrudescence des attaques par les chenilles mineuses des épis (Vercambre, 1978). La restriction à l'Afrique de l'Ouest des plus importants insectes ravageurs du mil, notamment la chenille mineuse des épis, *Heliocheilus albipunctella* De Joannis et le foreur des tiges, *Acigona ignefusalis* Hmps. (ICRISAT, 1984) fait que peu d'études ont été faites sur ces espèces et il manque d'informations complètes sur leur biologie, écologie et importance économique (Gahukar, 1984).

1. Écologie

En général le mil est connu pour être bien adapté aux sols légers, aux températures élevées et à une radiation solaire élevée, et peut avoir une croissance optimale et une utilisation efficace de l'eau et des éléments minéraux pour l'accumulation de la matière sèche sous des conditions pluviométriques favorables (Begg et al., 1964)

La limite nord du mil en Afrique de l'Ouest se situe autour des isohyètes 200 à 250 mm dans la savane sahélienne. La température optimale durant le cycle végétatif du mil est de l'ordre de 28° C. La pluviométrie optimale ne dépasse pas 400 à 700 mm et plus de 1200 mm entraîne des risques graves de charbon. Moins exigeant que le sorgho pour la qualité du sol, le mil préfère cependant des sols sablo-argileux bien drainés et d'autant plus riches que le cycle végétatif est court (Kassam, 1976).

Les variétés locales sont généralement de grande taille et peuvent être réparties en 3 groupes selon la longueur du cycle :

- les mils tardifs : photo-sensibles, ils atteignent la maturité entre 100 et 150 jours après le semis. Ils sont cultivés dans des zones où la pluviométrie est suffisante pour permettre le bouclage du cycle
- les mils hâtifs : le cycle varie entre 80 et 100 jours
- les mils très hâtifs : ils arrivent à maturité 65 à 75 jours après le semis. Leurs épis sont généralement courts (25 à 30 cm). Ces mils précoces sont cultivés principalement dans les zones à faible pluviométrie.

2. Le développement végétatif

Levée. Elle a lieu 2 à 3 jours après le semis lorsque les conditions de l'environnement sont

bonnes. L'enracinement dépend de la nature du sol d'où la nécessité d'entreprendre une bonne préparation du sol avant le semis.

Tallage. Il commence deux semaines après la levée et se poursuit jusqu'à la quatrième semaine. La capacité de production des talles varie d'une variété à une autre.

Montaison. Elle est caractérisée par l'allongement des entre-noeuds et se poursuit jusqu'à l'épiaison.

3. Développement reproductif.

Épiaison. Le développement de l'épi (qui est en réalité un faux épi) commence à l'intérieur de la tige pendant la montaison. La longueur de l'épi varie selon les variétés. Elle peut aller de 20 cm à 100 cm. La forme de l'épi est une caractéristique utilisée pour la reconnaissance des variétés. Il y a trois formes d'épis dans les mils : les formes conique, cylindrique et fusiforme.

Floraison. Le mil est protogyne et l'anthèse a lieu 3 à 4 jours après la floraison femelle. Ce décalage dans le temps fait que le mil est à peu près complètement allogame.

4. Culture

La culture du mil est très voisine de celle du sorgho. La pratique traditionnelle consiste à semer le mil aussitôt que possible au début de la saison des pluies. Mais il peut avoir des semis à sec suivis d'un repiquage ou d'un resemis pour remplacer les poquets n'ayant pas levé. Le semis peut se faire à plat avec un buttage ultérieur ou alors dans des sillons. La préparation du sol par un labour ou un pseudo-labour aurait des incidences favorables sur le rendement.

Presque la totalité du mil hâtif est cultivée en association dans des combinaisons avec 2 à 5 cultures impliquant le sorgho, le niébé et l'arachide (Kassam, 1976)

En cultures pures, les semences traitées sont semées à des espacements de 0,1-0,3 x 0,45-0,90 m selon le cultivar et la durée du cycle. La réponse du mil à la fumure minérale varie suivant les régions. Mais pour des rendements de 2,5 à 3 tonnes/ha, des doses expérimentales de 60 à 125 kg/ha de N et 35 à 80 kg/ha de P₂O₅ sont appliquées (Kassam, 1976). L'effet d'un apport de potasse serait peu marquant.

Les rendements sont variables suivant les variétés, la pluviométrie et la fumure. En culture traditionnelle réussie, ils sont de l'ordre de 600 à 800 kg/ha mais peuvent descendre à 300 kg/ha et dépasser 1500 kg/ha. Le poids de 1000 grains varie entre 4 et 8 g et le rapport grain/paille est de l'ordre de 50 à 60 (Kassam, 1976). L'association des variétés hâtives améliorées avec le sorgho peut souvent, dans les bonnes conditions de culture, montrer des avantages de rendement supérieurs à 80 % (Andrew, 1972; Kassam et Stockinger, 1973; Baker, 1974).

5. Utilisation du mil

En Afrique de l'Ouest, le mil est cultivé principalement pour la consommation humaine. Il reste dans les pays du Sahel, en dépit de la faible productivité, une culture céréalière de grande importance à cause de sa part élevée dans l'alimentation des populations et de la diversité des utilisations auxquelles il est destiné. Le grain est transformé en farine après avoir enlevé le son. Cette

farine, dont la composition chimique est donnée dans le tableau ci-dessous, entre dans la préparation de mets variés dont :

- le tô : gâteau de pâte de mil très répandu dans le Sahel où il constitue le repas de base de millions de personnes.
- la bouillie, les galettes, le couscous.

Tableau 3. Composition chimique moyenne de la farine de mil (Kenneth et Majmudar, 1980)

Substances (%)		Substances (mg/10 g de farine)	
Protéines	11,31-19,62	Calcium	35-82
Amidon	59,35-69,49	Phosphore	245-345
Sucre total	2,00-2,70	Phytine P	35-221
Celulose	1,27-2,96	Fer	2,10-5,20
Matières grasses	3,00-4,60		
Cendres	1,55-2,65		

Les sous produits du mil connaissent également diverses utilisations en milieu paysan

- le son entre dans l'alimentation du bétail, particulièrement des petits ruminants.
- les tiges sont utilisées dans la construction des clôtures des jardins potagers et dans la confection des greniers.
- les feuilles et les tiges sont utilisées pour l'alimentation du bétail. Brûlées, elles donnent des cendres utilisées pour la fabrication de la "potasse".

6. Les ravageurs et maladies du mil dans le Sahel

Le mil à chandelle est une plante fortement attaquée dans le Sahel par des ravageurs de tout ordre : oiseaux granivores, arthropodes, champignons pathogènes et mauvaises herbes. Cette pression parasitaire, dans les conditions actuelles de culture du mil dans le Sahel, est sans doute une des principales contraintes à l'élévation de la production du mil pour faire face à une demande sans cesse croissante.

6-1. Les insectes ravageurs du mil

Les insectes nuisibles au mil ont déjà fait l'objet de plusieurs travaux dont ceux de Risbec (1950) et de Appert (1957). Près de 300 espèces appartenant surtout aux ordres des Lépidoptères, des Diptères et des Coléoptères, sont nuisibles au mil. Certaines espèces, comme *Heliocheilus albipunctella* De Joannis, *Amsacta moloneyi*, *Acigona ignefusalis* et *Atherigona* sp., apparaissent actuellement comme les plus dangereuses et ont attiré l'attention des entomologistes.

Les ravageurs des plantules. Les jeunes plantules de mil sont souvent la proie de nombreux déprédateurs tels que les iules (*Peridontopyge* sp.) et dans le groupe des sautériaux, *Scapsideus marginatus* qui coupent les jeunes pousses à la base (Gahukar, 1984). Les jeunes plantules sont également attaquées par des mouches mineuses (Deeming, 1971) qui entraînent des "cœurs morts". Parmi ces diptères nous mentionnerons *Atherigona soccata* Rondani, *A. ponti* Deeming, *A. noqvii* Steyskal, *A. yorki* Deeming, *Aprimetopsis flavofacies* Becker, *Delia araambourggi* (Seguy), *Elachiptercicus abessinicus* Becker et *Polyodaspis* sp. (Deeming, 1971; Ajayi, 1980; Gahukar, 1984). De ces espèces *A. soccata* Rondani est la plus dangereuse dans les champs de mil.

Sur les feuilles des plantules sont également rencontrées des chrysomèles telles que *Lema* spp., *Chaetocnema tibialis* (Illig), *Monolepta* sp. et *Podragris* spp., se nourrissant de l'épiderme des jeunes feuilles. Ces chrysomèles sont des ravageurs sporadiques mais peuvent causer de sérieux dégâts en cas de sécheresse prolongée (Gahukar, 1984). D'autres ravageurs tels que les termites (*Microtermes* sp.) et les rongeurs (*Arvicanthus niloticus*, *Mastomis* sp.) peuvent aussi s'attaquer aux jeunes plantules de mil.

Les ravageurs du feuillage. Le feuillage du mil est consommé pendant les phases végétative et reproductive par divers ravageurs dont des chenilles de lépidoptères, des acridiens, des aphides et des punaises.

- La plupart des lépidoptères attaquant le feuillage du mil appartiennent à la famille des Noctuidés. Ils sont polyphages et deviennent seulement importants quand leur nombre s'élève et qu'ils défeuillent les plants (Ajayi, 1980). Des chenilles des espèces suivantes ont été rencontrées sur le mil dans la zone ouest africaine : *Mythima loreyi* (Drup.), *Spodoptera exigua* (Hub.), *S. exempta* (Wlk.), *S. littoralis* (Boisd.), *Amsacta moloneyi* Dru., *Marasmia trapezalis* (Guenec), *Janomina mesundulata* Stand (Risbec, 1950; Ajayi, 1980; Gahukar, 1981; Gahukar, 1984; Mbaye, 1990). Les attaques précoces de *Spodoptera* et de *Amsacta* peuvent occasionner des réductions significatives des rendements (Gahukar, 1984).

- Parmi les acridiens, *Kraussaria angulifera* (Krauss), *Zonocerus variegatus* (L.), *Chrotogonus* spp., *Oedaleus senegalensis* Krauss et *O. nigeriensis* Uvarov ont souvent causé des défoliations appréciables (NDoye, 1979; Launois, 1978; Gahukar, 1984).

- *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptère : Aphididae), *Poophilus costalis* (Wlk.) (Homoptère : Cercopidae), *Aspavia armigera* (F.) (Hémiptère : Pentatomidae), *Nezara viridula* (Hémiptère : Pentatomidae) sont également rencontrés sur les feuilles de mil (Risbec, 1950; ICRISAT, 1981).

Les ravageurs des tiges. Un complexe de foreurs attaquent les tiges de mil. Il s'agit de *Acigona ignefusalis* Hmps., *Busseola fusca* Fuller, *Eldana saccharina* Wlk., *Manga basilinea* Bowd., *Sesamia calamistis* Hmps., *S. cretica* Led., *S. nonagrioides botanephaga* Tams & Bowd., *S. penniseti* Tams & Bowd. et *S. poephaga* Tams & Bowd. (Risbec, 1950; Ajayi, 1980; Gahukar, 1981 et 1984; Nwanze, 1989; Mbaye, 1990). *Acigona ignefusalis* est largement répandu en Afrique de l'Ouest et sa prédominance comme principal foreur du mil varie d'une région à l'autre. D'après les travaux de Nwanze (1989), *A. ignefusalis* serait la seule espèce de foreur dans la zone Nord sahélienne; alors que plus au Sud, au Burkina Faso et au Nigéria, deux autres espèces de foreurs, *Sesamia calamistis* Hmps. et *Eldana saccharina* Walker, sont occasionnellement rencontrées. D'après les mêmes travaux *A. ignefusalis* attaque aussi le sorgho et dans la zone Nord, au dessus de 11° 30' N, il remplace complètement *Busseola fusca* Fuller qui est le principal foreur du sorgho. Les larves de *A. ignefusalis*, après l'éclosion, pénètrent directement dans la tige sans se nourrir des feuilles et sont ainsi protégées tout au long de leurs stades destructeurs. Au Burkina Faso, des taux 23 à 89% de tiges infestées ont été observés avec une moyenne de 25% de nœuds minés (Nwanze, 1989). Le même auteur a montré l'existence, au Burkina Faso, de deux générations de *A. ignefusalis* au cours de la saison de culture et des pics de pullulation ont été observés en Août et Octobre à Kamboinsé, et en Juin et Juillet à Farako-bâ. Les semis tardifs et les variétés tardives souffrent énormément de la seconde génération (Ajayi, 1980). La diapause larvaire a lieu dans les galeries creusées par les larves et les adultes émergent au bout 7 à 13 jours. La fin de la saison de culture et le dessèchement des plantes induisent une diapause qui se termine avec les premières pluies (Gahukar, 1984).

Les ravageurs des épis. Les chenilles mineuses et les cécidomyies sont les principaux ravageurs d'importance économique en Afrique de l'Ouest. Coutin et Harris (1969) signalent les 5 espèces suivantes de cécidomyie du mil dans la zone sahélienne : *Geromya penniseti* (Felt.) *Contarinia sorghi* (Harris), *Lasiotera* sp., *Leptodiplosis* sp. et *Stenodiplosis* sp., dont les larves attaquent les ovaires et provoquent l'avortement de la graine. Les variétés locales fleurissant tard dans le mois de Septembre sont très exposées et peuvent subir des pertes de l'ordre de 90% (Coutin & Harris, 1969).

Ensuite viennent les chenilles mineuses des épis devenues particulièrement importante depuis la sécheresse des années 1970. Ce complexe renferme une dizaine d'espèces des genre *Heliocheilus* (= *Rajivva*) et *Massalia* (Laporte, 1977; Vercambre, 1978; Ndoye, 1979). Le genre *Heliocheilus* compte six espèces africaines, *H. roseus* Matthews, *H. discalis* Hmps., *H. stigmata* Hmps., *H. multiradita* Hmps., *H. confertissima* Walker et *H. albipunctella* De Joannis. Mais de ces six espèces seule *H. albipunctella* est inféodée au mil dans le Sahel, et est l'espèce la plus dominante (Ndoye, 1978). L'aire de distribution de *H. albipunctella* couvre les zones bioclimatiques soudanienne et celles du Sud du Sahel, précisément entre les latitudes 12° N et 15° N où la pluviométrie se situe entre 400 et 700 mm (Vercambre, 1978, Nwanze, 1981). Les dégâts de la chenille de *H. albipunctella* se caractérisent par des galeries spiralées creusées dans l'épi par les larves âgées qui croquent les pédoncules floraux. L'espèce présente annuellement une seule génération avec deux séries d'émergences respectivement à la fin du mois de Juillet et au cours des deux premières semaines du mois d'Août (Vercambre, 1978, Ndoye, 1978 et 1988, Nwanze, 1981). Un

certain nombre de méthodes de lutte ont été expérimentées contre *H. albiguttella*. Il s'agit des méthodes culturales, notamment du labour en fin de saison pluvieuse (Vercambre, 1978); de la résistance variétale (Vercambre, 1978; Guevremont, 1981-1983, Nwanze, 1981); de l'utilisation des ennemis naturels, en particulier de *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera : Braconidae) (NDoye et Gahukar, 1987; Bathnagar, 1989); et enfin de la lutte chimique (Vercambre, 1978; CILSS/FAO, 1987). Mais l'accent est actuellement mis sur la recherche de méthodes intégrées utilisant conjointement les variétés résistantes, les ennemis naturels, les techniques culturales et les pesticides chimiques.

D'autres chenilles de lépidoptères sont des ravageurs occasionnels des épis de mil mais peuvent causer, quelques fois, des dommages appréciables, notamment sur les variétés nouvellement introduites à épis compacts. Il s'agit de *Heliothis armigera* Hbn., *Eublemma gayensii* Roths. *Pyroderces* spp. et *Celama* spp. (Risbec, 1950; Gahukar, 1984).

Un certain nombre de coléoptères se nourrissent du pollen ou directement des graines de mil et peuvent, dans certains cas, occasionner un mauvais remplissage des épis. Peuvent être cités : *Monolepta goldingi* (Chrysomelidae), *Meligethes* sp. (Nitidulidae), *Melyris vestita*, *M. bifasciata*, *M. abdominalis*, *Psalydolytta aegyptiaca*, *P. fusca*, *Cylindrothorax westermanni*, *Coryna hermaniae* F. *Mylabris holosericea* (Meloidae), *Anomala senegalensis*, *A. plebeja* (Melolonthidae), *Rhinupta infuscata*, *Pachnoda* spp. (Scarabaeidae) (Risbec, 1950; Ajayi, 1980; Gahukar, 1984).

Plusieurs punaises, telles que *Agonocelis versicolor*, *A. pubescens*, *Nezara viridula* L. (Pentatomidae), *Callidea* spp. (Pentatomidae), *Dysdercus* spp. (Pyrrhocoridae) et *Spilotethus* spp. (Lygaeidae), ont été observées sur les épis de mil (Risbec, 1950; Gahukar, 1984; Kassam, 1976).

Peut être également observé sur les épis de mil *Forficula senegalensis* Serv. (Dermaptera : Forficulidae) qui se nourrit des étamines et des graines laiteuses (Risbec, 1950).

Les ravageurs du mil stocké. Divers insectes ont été identifiés sur le mil entreposé, particulièrement sous forme d'épis entiers ou tronçonnés. Les plus fréquemment rencontrés sont : *Corcyra cephalonica* (Stainton), *Ephestia cautella* Walker (Lepidoptera : Pyralidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera : Cucujidae), *Rhizoperta dominica* F. (Coleoptera Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae), *Sitotroga cerealella* Olivie (Lepidoptera : Gelechiidae), *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera : Dermestidae), *Tribolium castaneum* Herbst. et *T. confusum* Duv. (Coleoptera : Tenebrionidae) (Risbec, 1950; Kassam, 1976; Gahukar, 1984).

6.2. Les maladies du mil dans le Sahel

La faible productivité du mil dans le Sahel est due, en partie, aux maladies qui sont de plusieurs ordres : champignons, bactéries, virus, mycoplasmoses, nématodes et autres (Kassam, 1976). Les principales maladies suivantes peuvent être citées :

- le mildiou, *Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schoek
- Le charbon, *Tolyposporium penicilliarum* Bref.
- l'ergot, *Claviceps microcephala*

- les maladies transmises par les semences et le sol (*Fusarium Phoma, Aspergillus, Pythium*)
- Les maladies des feuilles (Cercosporiose, Pyriculariose, Helminthosporiose).

6.3. Les adventices du mil

La flore adventice du mil est généralement celle commune aux cultures exondées. Elle est dominée par les graminées annuelles à cycle de développement précoce (*Digitaria, Eragrostis, Cenchrus, Pennisetum, Brachiaria, Dactyloctenium, Paspalum*). Des cyperacées, telles que *Kyllingia squamata, Cyperus amabilis, Bulbostylis barbata* et *Fimbristylis* spp. peuvent être également rencontrées. Parmi les dicotylédones annuelles peuvent être aussi rencontrées : des légumineuses (*Cassia obtusifolia*) et des rubiacées (*Mitracarpus villosus, Spermococcolobos stachydeus*). Mais *Striga hermonthica* reste, de loin, un danger redoutable pour le mil même si la sévérité des attaques et les pertes occasionnées ne sont pas aussi élevées que dans le cas du sorgho. Les variétés hâtives échappent généralement aux attaques par le *Striga* parce qu'elles sont récoltées pendant que les graines du parasite sont encore en dormance.

6.4. Les oiseaux granivores

Les dommages par les oiseaux peuvent constituer un problème, particulièrement dans la savane soudanaise. Parmi les espèces les plus nuisibles il y a *Quelea Quelea* (travailleur à bec rouge), *Q. erythrops* (travailleur à tête rouge), *Ploceus cucullatus* (le gendarme) et *Passer luteus* (moineau doré) (Kassam, 1976; Mbaye, 1990).

Chapitre V. L'ASSOCIATION DE CULTURES

Les systèmes d'association de cultures se définissent comme étant des systèmes dans lesquels deux ou plusieurs espèces végétales sont mises en culture sur une même parcelle de terre de façon à ce qu'il ait un chevauchement temporel et spatial de la croissance et du développement des plantes (Norman, 1974). Dans de tels systèmes, les plantes sont cultivées simultanément dans une proximité spatiale suffisante pour qu'il en résulte une compétition interspécifique et/ou une compensation (Amoako-Atta et Omolo, 1983).

Selon l'arrangement spatio-temporel des espèces végétales impliquées, l'association peut revêtir plusieurs formes. Les plus caractéristiques de ces formes sont selon Norman (1974), Perrin (1977a) et Willem (1982) : (1) la culture en dérobée, caractérisée par la culture d'une espèce végétale secondaire semée après la culture principale et récoltée avant elle. (2) La culture complémentaire ou culture d'une plante secondaire semée après la culture principale et récoltée après celle-ci. Si la mise en place de la culture secondaire a lieu quelques jours avant la récolte de la culture principale on parlera alors d'une culture de relais. (3) La culture intercalaire ou culture de deux ou plusieurs espèces végétales en lignes alternées. Dans ce système les lignes de cultures pures peuvent alterner dans diverses proportions telles que une à une, deux à deux, une à deux,... Une autre alternative à ce système est l'alternance des poquets des différentes cultures sur une même ligne. (4) En plus des trois formes mentionnées ci-dessus, il existe d'autres systèmes intermédiaires ou mixtes.

Importance de la pratique de l'association de cultures : La pratique de l'association de cultures est presque aussi vieille que l'agriculture (Andrews et Kassam, 1976). Aujourd'hui, cette pratique est largement répandue, sinon même dominante dans tous les pays tropicaux. En Afrique de l'Ouest les systèmes d'association de cultures occupent, selon Steiner (1982) et van Huis (1989), 75 - 80% des terres cultivées. Norman (1974) a estimé que 83% des terres cultivées l'étaient dans des systèmes d'association dans le Nord du Nigéria. Des observations similaires ont été faites au Niger (Swinton et al., 1985), au Mali (Shetty et al., 1988) et au Burkina Faso (Matton et Bonkian, 1987; McIntire, 1982; Sawadogo et Kaboré, 1985).

Le nombre des différents types de combinaisons utilisées peut être énorme. Par exemple, Norman (1974) a observé, dans le Nord du Nigéria, au moins 156 types distincts. Néanmoins, 40% des terres restent dévolus aux associations n'impliquant que deux à trois espèces végétales telles que mil/sorgho, mil/niébé. Si nous comparons les observations de Norman à celles de Swinton et al. (1985) au Niger, il apparaîtrait que la variabilité et l'intensité des combinaisons décroissent avec la pluviométrie. Cela révèle ainsi une certaine corrélation entre les conditions agro-climatologiques et le potentiel de diversification et d'intensification. Stoop (1986) avait abouti aux mêmes conclusions lorsqu'il a étudié l'adaptation des systèmes de culture céréales/niébé à la toposéquence des types de sols. Pour le Burkina Faso, l'ICRISAT a défini deux types principaux d'associations de cultures : (1) cultures sur plus de 120 jours, située principalement dans la zone centrale avec une pluviométrie de 700 mm par an, et dans les zones à faible pluviométrie sur des sols profonds et humides; (2) culture sur moins de 120 jours principalement dans le Nord avec une pluviométrie annuelle comprise entre 450 et 700 mm, et dans la zone centrale sur des sols peu profonds (ICRISAT, 1979).

Avantages et inconvénients de l'association de cultures : Les observations économiques et les

études expérimentales ont amplement montré que, dans les systèmes agricoles de subsistance, caractérisés par un faible niveau d'investissement en capital, un travail intense, et une incidence habituellement élevée des ravageurs, l'association de cultures serait plus rentable que la monoculture (Perrin, 1977; Andrews, 1972 et 1974). D'ailleurs, si la pratique a persisté aussi longtemps, et ce en dépit du désintérêt des chercheurs, c'est que les agriculteurs y ont trouvé un certain intérêt tant du point de vue technique que sur le plan économique. A cela, il convient d'ajouter le poids des traditions et le besoin de maximiser le rapport du facteur de production le plus limitant (Fussel et Serafini, 1985; Norman, 1977). Perrin (1977) a résumé en 7 points les raisons probables expliquant les avantages qu'offrent les systèmes d'association de cultures : (1) Une utilisation plus efficace de la radiation solaire due à une meilleure interception de la lumière par le feuillage par unité de temps (culture de relais) et par unité d'espace (culture intercalaire); (2) Une interaction positive mutuelle ou unilatérale entre les espèces végétales associés dans leur croissance et développement. Par exemple, l'on constate un accroissement de la disponibilité de l'azote pour une céréale associée à une légumineuse (Perrin, 1977). Cet aspect d'amélioration de la fertilité du sol par les associations céréales/légumineuses est sans doute l'un des volets agronomiques qui a, longtemps, le plus retenu l'attention de la recherche agronomique; (3) Une réduction des effets auto-toxiques de certaines plantes. Par exemple, la compétition est moindre entre le sorgho tardif et le mil hâtif à cause des différences dans leurs courbes de croissance (Perrin, 1977); (4) Une utilisation plus efficace de l'humidité et des éléments nutritifs du sol due aux différences de profondeurs d'enracinement des espèces végétales impliquées dans l'association (Perrin, 1977). La complémentarité des cultures associées résulte des différences spatiales et temporelles dans l'utilisation des ressources. Il y a, d'une part, une complémentarité temporelle qui se produit lorsque les espèces végétales cultivées ont des exigences décalées dans le temps. Ces espèces exploitent donc pleinement les ressources à des moments différents (Willey, 1979). Selon le même auteur, c'est ce décalage temporel des exigences qui serait le plus important dans l'accroissement de la productivité des systèmes d'association. D'autre part, il y a une complémentarité spatiale qui se manifeste lorsque les espèces végétales cultivées en association font un meilleur usage des ressources dans leur répartition spatiale (Willey, 1979; Willem, 1982); (5) Le maintien d'un feuillage dense pouvant interférer avec les mauvaises herbes et protéger le sol de l'érosion. Les variétés locales rampantes de niébé, par exemple, couvrent très rapidement le sol, formant ainsi un bouclier contre les dommages par les pluies torrentielles, le vent, et le ruissellement (ICRISAT, 1982; Willem, 1982); (6) Une croissance compensatrice des cultures en association. Les variations des facteurs environnementaux entraînent habituellement une instabilité des rendements. Dans les cultures associées, les variations des rendements sont souvent plus réduites parce que les espèces végétales réagissent différemment à l'effet des conditions adverses (Willey, 1982, Perrin, 1977). La stabilité peut résulter du fait qu'une des cultures impliquées compense la perte en performance subie par les autres cultures. En effet, lorsqu'une des composantes est victime d'un stress (sécheresse, maladie, attaques d'insectes) sa perte en vigueur est compensée par la ou les autres composantes de l'association (Fussel et Serafini, 1985; Bontkes, 1986). Cette compensation a l'heureux avantage de permettre d'éviter un échec total de la culture dans les cas de mauvaises saisons de culture. La sécheresse étant un des grands facteurs limitants de la production agricole dans la zone sahéenne, tout système de culture ayant la capacité de permettre des récoltes substantielles même

dans les années sèches est un apport capital. La diminution du risque de perte totale des récoltes et la stabilité des rendements que permettent les systèmes d'association de cultures, sont, sans nul doute, des avantages majeurs dans les systèmes d'agriculture de subsistance, particulièrement du Sahel (Willey et al. 1985; Steiner, 1982); (7) Les changements favorables dans l'incidence des ravageurs, des mauvaises herbes et des maladies.

De tous les avantages mentionnés, la stabilité des rendements et le rendement global sont ceux qui intéressent le plus l'agriculteur. En effet, partout en Afrique où l'association de cultures a été étudiée, des augmentations substantielles des rendements ont été observées (Fussel et Serafini, 1985). Ces auteurs mentionnent des augmentations pouvant aller de 10 à 100% pour des systèmes d'association céréales/céréales (maïs/mil, maïs/sorgho, mil/sorgho) et céréales/légumineuses (mil/niébé, sorgho/niébé, céréales/arachide). L'association du riz de plateau avec le maïs peut être 30 à 40% plus productive que les cultures pures si les conditions sont favorables (IRRI, 1975). La haute efficacité photosynthétique du maïs durant les premières semaines de la saison est combinée à une efficacité du riz vers la fin de la saison.

En dépit des avantages mentionnés plus haut, les systèmes d'association de cultures posent néanmoins quelques problèmes car le fait que soient associées, en même temps et en un même endroit, des cultures de natures différentes entraîne un certain nombre d'inconvénients (Rouanet, 1984). Ces inconvénients peuvent souvent devenir catastrophiques, dans la mesure où ce qui devait être un avantage peut facilement se transformer en inconvénient si la technique est mal conduite. L'association de cultures peut faire courir quelques risques dont les plus importants sont : (1) une concurrence pouvant s'établir entre les différentes plantes associées, concurrence pour l'eau, l'espace, la lumière, l'air et les éléments nutritifs; (2) dans certains cas les maladies, du fait du micro-climat favorable (humidité) peuvent se développer beaucoup plus facilement (Davis et al., 1986). Lin et Rios (1985) rapporte par exemple que l'oidium du niébé est favorisé par dans les association niébé-maïs. D'autre part, les insectes polyphages peuvent connaître un accroissement excessif de leurs populations du fait de la disponibilité, dans les parcelles d'association, d'une plus grande quantité de nourriture. Ces deux fléaux peuvent devenir particulièrement importants quand les plantes associées sont attaquées par les mêmes insectes et/ou maladies (Simpara, 1984). Il y a, en outre, le fait que le feuillage dans les associations peut offrir des refuges à certains ravageurs vertébrés (Perrin 1977); (3) la difficulté de la rotation, surtout lorsqu'elle porte sur plus de deux espèces végétales; (4) l'emploi des produits phytosanitaires est difficile (Rouanet, 1984). En général les produits sont spécifiques à chaque culture et leur emploi dans les associations peut avoir des incidences négatives sur les autres cultures de l'association (brûlures des feuilles, voire même mort des plants). Simpara (1984) donne l'exemple de l'endrin utilisé pour le coton et qui, par contre, brûle les feuilles du sorgho. Mais ces problèmes sont en voie d'être solutionnés avec la fabrication, de plus en plus, d'herbicides utilisables à la fois sur plusieurs cultures; (5) l'apport des fertilisants minéraux tel que l'azote pose souvent de sérieux problèmes car les espèces végétales associées n'ont généralement pas besoins des mêmes éléments nutritifs, ni aux mêmes quantités, ni aux mêmes moments. L'apport d'azote peut être bénéfique pour le maïs mais inutile, voire même néfaste pour le niébé (Rouanet, 1984); (6) enfin et surtout les cultures associées sont souvent incompatibles avec la mécanisation, notamment lors de la préparation du sol avant le semis, les semis (surtout lorsqu'ils ne se font pas en même temps), le sarclage, et la récolte. Rouanet (1984)

estime que c'est cette apparente incompatibilité avec la mécanisation qui a conduit à l'abandon des cultures associées chaque fois que l'intensification s'est faite par l'emploi des machines.

Mais les risques et inconvénients inhérents aux systèmes d'association peuvent-ils conduire à une condamnation de ceux-ci? Selon toujours Rouanet (1984) cela est peu probable. Premièrement, dans les systèmes agricoles tropicaux où les pratiques culturales restent manuelles, les cultures associées sont susceptibles de permettre des rendements bruts à l'hectare, supérieurs à ceux des cultures pures et s'opposent efficacement à la dégradation du sol par l'érosion. Deuxièmement, certaines associations traditionnelles peuvent être améliorées de façon à permettre, dans une certaine mesure, la mécanisation de la culture.

Nous ajouterons, pour notre part que, dans le contexte sahélien, caractérisé par climat de plus en plus impitoyable et où la recherche de l'auto-suffisance alimentaire est la préoccupation majeure, les cultures associées restent désirables. Cela parce qu'elles permettent une maximisation du rapport des facteurs de production par unité de temps et par unité d'espace. D'autre part, dans la situation actuelle de détresse écologique, les cultures associées doivent bénéficier d'une attention plus accrue. En effet, elles permettent non seulement une meilleure régulation des populations de ravageurs et les dégâts des pathogènes, mais aussi les cultures associées peuvent être compatibles et utilisées conjointement avec les autres méthodes de contrôle telles que la lutte biologique, la résistance variétale et la lutte chimique, dans un système de gestion intégrée.

Ainsi donc, il est peut-être temps pour la recherche de s'adonner à l'étude des systèmes traditionnels afin de les comprendre, et les améliorer. En effet dans l'ignorance de l'environnement et des infrastructures de l'agriculture de subsistance des tentatives inappropriées ont été faites par les chercheurs et les vulgarisateurs pour accélérer le développement rural par une importation massive de technologies modernes. Les échecs des schémas d'accroissement de la production de l'arachide, en Afrique de l'Est, et de sédentarisation de l'agriculture, au Nigéria, prouvent que les systèmes de production agricoles et les structures rurales déjà existantes ne peuvent être l'objet que de manipulation, mais rarement, sinon jamais, de remplacement (Perrin, 1977). Il est préférable que les nouvelles technologies, proposées par les chercheurs et les vulgarisateurs, tiennent compte du contexte socio-économique du paysan. Toute innovation qui requière des changements fondamentaux pour l'agriculteur sera toujours probablement rejetée. D'où la nécessité de prendre les paysans, non pas comme des enfants, ni comme des matériaux qui doivent être façonnés à volonté, mais comme des hommes expérimentés ayant pu maintenir, avec succès et pendant des générations, un équilibre difficile dans des circonstances difficiles (Aumeerudu et Pinalo, 1989). Les tâches aujourd'hui dévolues à la recherche peuvent être, entre autres : (a) l'étude approfondie des systèmes et techniques traditionnels d'association, (b) la recherche de variétés adaptées à l'association, (c) la définition des meilleurs types d'associations.

L'association de cultures et le contrôle des ravageurs

L'attention placée par la recherche agronomique sur les systèmes d'association de cultures est justifiée et louable, eu égard aux avantages démontrés et reconnus que présentent ces systèmes. Malheureusement, la majorité des travaux de recherche n'ont été jusque-là que de nature agronomique et il y a eu, pendant longtemps, un manque lamentable d'intérêt de la part des entomologistes et des phytopathologistes (Perrin, 1977). Ce manque d'intérêt s'est fait en dépit de l'importance reconnue des

insectes ravageurs et des maladies en tant que facteurs majeurs limitant l'accroissement des rendements de la quasi totalité des cultures tropicales. La réticence, longtemps observée chez les entomologistes à évaluer et améliorer les techniques d'association de cultures peut être expliquée, en partie, par : (a) la croyance que l'association de cultures est une technique traditionnelle, dépassée, improductive et par conséquent une phase transitoire vers la monoculture (Perrin, 1977; Amoaka-Atta, 1983). Les entomologistes ont, sans doute, fait partie de ceux-là qui pensaient que les systèmes liés à l'agriculture de subsistance n'ont aucune valeur pour faire l'objet d'effort de recherche (van Huis, 1989); (b) la négligence générale des méthodes culturales de contrôle depuis l'apparition de la seconde génération d'insecticides (Perrin, 1977).

Heureusement depuis un certain nombre d'années, particulièrement depuis les travaux de Pimentel (1961), puis ceux de Root (1973), le retard est entrain d'être rattrapé. Beaucoup de travaux ont été initiés depuis lors, de part le monde, pour tenter d'évaluer l'intérêt entomologique des systèmes d'association de cultures, et d'expliquer les phénomènes observés.

A la lumière des travaux menés jusque-là il ressort, de manière quasi permanente, que la diversification des espèces végétales dans les agro-écosystèmes est une méthode potentielle de régulation des populations et de réduction des dégâts des insectes nuisibles (Altieri et al., 1978; Altieri et Liebman, 1986; van Huis, 1989; Bathnagar et Davies, 1981).

Dans une revue récente sur la diversité dans 150 agro-écosystèmes, Risch et al. (1983) rapportent que sur 198 insectes phytophages rencontrés 53% ont subi une réduction de populations dans les systèmes d'association, 18% y étaient plus abondants, 9% n'ont pas été affectés et 20% avaient un comportement variable. Beaucoup d'autres auteurs se sont intéressés à cet aspect de la dynamique des populations des insectes dans les systèmes d'association de cultures (Schultz, 1988; Perfecto et al., 1986; Lambert et al., 1987; Ram et al., 1989...). D'autres travaux et études théoriques ont été consacrés à l'étude des mécanismes impliqués dans les relations de diversification des espèces végétales/dynamique des populations d'insectes (Root, 1973; Pimentel, 1961; Perrin, 1977; Altieri et al. 1978; Altieri et Liebman, 1986; van Huis, 1989; Baliddawa, 1983; Bathnagar et Davies, 1981). Des hypothèses écologiques ont été ainsi émises, puis testées pour expliquer les relations diversification des espèces végétales/stabilité des populations d'insectes (Root, 1973).

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer les effets dépressifs des systèmes d'association de cultures sur les populations d'insectes ravageurs. Ces mécanismes se manifestent, soit par interférence avec le comportement de recherche de la plante hôte par le ravageur, donc lors de la colonisation des cultures, soit par interférence avec le développement et la survie de la population du ravageur (van Huis, 1989; Hasse et Litsinger, 1981). Hasse et Litsinger (1981) ont résumé dans le tableau 4 quelques uns de ces mécanismes.

L'association de cultures peut affecter le stimulus visuel qui attire le ravageur sur la plante convenable (Perrin, 1977). Cet effet visuel des systèmes d'association de cultures sur la localisation de la plante hôte par le ravageur peut avoir une grande importance, particulièrement pour les cultures annuelles. En effet, la plupart des insectes qui colonisent ces cultures, en début de saison, proviennent, soit de la végétation naturelle adjacente, soit de zones plus éloignées, et la détection du stimulus visuel est un facteur déterminant dans l'évolution ultérieure des populations de ces insectes (van Huis, 1989; Perrin, 1977). Smith (1976a) a observé que *Brevicoryne brassicae* L. était plus attiré par les plants

de chou lorsque ceux-ci étaient cultivés sur un sol nu plutôt que sur un sol enherbé. Cependant pour certaines syrphes telles que *Melanostoma* sp., *Platycheirus* sp. et *Sphaerophoria* sp. (Diptera : Syrphidae) le contraire a été observé (Smith, 1976b).

L'orientation des insectes sur les plantes hôtes implique, quelques fois, des mécanismes olfactifs et il est reconnu que ceux-ci sont perturbés par la présence de composés aromatiques, comme ceux de l'oignon, de l'ail, de la tomate et de la citronnelle (Perrin, 1977). Ainsi, l'inclusion de plantes ayant de fortes odeurs aromatiques peut perturber le mécanisme d'orientation de plusieurs ravageurs. Ceux-ci auront des difficultés pour retrouver la plante hôte (Altieri et Liebman, 1996). Par exemple, les plants de tomates offrent un camouflage olfactif aux plants de chou contre *Phyllotreta cruciferae* Goetze (van Huis, 1989). Altieri et al. (1977) rapportent que certaines graminées, comme *Eulalia* sp. et *Leptochloa* sp. repoussent *Empoasca kraemeri* Ross & More du haricot, probablement à cause des substances chimiques qu'elles contiennent. Cependant cet effet olfactif peut avoir des désavantages car les perturbations peuvent, également, affecter l'orientation des prédateurs et des parasitoïdes, rendant difficile la détection des proies et des hôtes (van Huis, 1989).

Quelques fois, les ravageurs colonisent préférentiellement une culture particulière dans l'association. Et celle-ci alors sert d'hôte de diversion, protégeant les cultures plus sensibles aux attaques ou de valeur économique plus grande (Perrin, 1977). Cette diversion se manifeste plus spécialement lorsqu'une des cultures est à un stade plus attractif pour les insectes que les autres cultures de l'association, au moment de l'invasion par le ravageur (van Huis, 1989).

Les agro-écosystèmes diversifiés ont des apparences extérieures complexes auxquelles s'associent des microclimats particuliers. Ainsi, dans de tels systèmes, les ravageurs ont beaucoup plus de difficultés pour retrouver les microclimats favorables à cause de la grande variabilité des facteurs abiotiques dans les différents microhabitats (Altieri et al., 1977). Le changement du microclimat par la plante non hôte peut affecter le développement et la survie des insectes. Par exemple, l'ombre dérivée des feuillages denses peut affecter l'alimentation de certains insectes et/ou accroître l'humidité relative, qui peut favoriser les champignons entomophages (van Huis, 1989).

La confusion des stimuli olfactifs induite par la plante non hôte peut réduire l'alimentation des insectes (van Huis, 1989). Par exemple, d'après les travaux de Bach (1980), lorsqu'il est donné le choix à *Acalymma vittata* (Coleoptera : Chrysomelidae) entre, d'une part, des feuilles de plantes de concombre cultivées en association avec la tomate, et d'autre part, des feuilles de plantes de concombre en monoculture, l'insecte préfère les feuilles provenant de la monoculture.

La dispersion des arthropodes ravageurs, tant aux stades adultes que larvaires, et celle des nématodes et des maladies peut être gênée par l'alternance de plantes hôtes et non hôtes dans une association (Perrin, 1977). L'association de plantes hôtes et de plantes non hôtes peut allonger le temps de recherche de la plante hôte par le ravageur. Celui-ci a moins de temps pour causer les dégâts et a beaucoup plus de chance de rencontrer un ennemi naturel. La plante non hôte peut également agir comme un barrière physique. Les lignes de bordure, faites par exemple de céréales, peuvent agir comme brise-vent et affecter la dispersion des populations d'insectes. Ainsi, la culture adjacente à la ligne de bordure est protégée, parce que, comme l'ont observé Lewis et Smith (1969), les insectes s'accumulent dans les zones immédiatement proches du brise-vent.

La diversité environnementale créée par l'association de cultures peut entraîner un

accroissement du nombre et de la diversité des ennemis naturels, ou plus rarement les réduire (Root, 1973; Pimentel, 1961; Perrin 1977; Baliddawa, 1983).

Root (1973) a proposé deux hypothèses comme base explicative des effets de la diversification des espèces végétales dans les agro-écosystèmes sur la dynamique des insectes ravageurs des cultures. Il s'agit de l'hypothèse des ennemis naturels et, d'autre part, de celle de la concentration des ressources. Suite aux travaux de Root, d'autres travaux ont été faits pour tester ces hypothèses. C'est, ainsi, qu'elles ont été confirmées et renforcées par un certain nombre de travaux. Mais au cours d'autres travaux, ou souvent des mêmes travaux, des phénomènes contraires ont été observés.

L'hypothèse des ennemis naturels. Cette hypothèse prédit que le mécanisme, le plus important, responsable de la réduction des populations d'insectes phytophages dans les agro-écosystèmes diversifiés, est l'action des parasitoïdes et des prédateurs (Root, 1973). Cette hypothèse induit, implicitement, que le niveau élevé des populations de parasitoïdes et de prédateurs, dans les agro-écosystèmes diversifiés est dû au séjour prolongé d'ennemis naturels dans de tels agro-écosystèmes (Perfecto et al., 1986). En effet, l'environnement complexe des agro-écosystèmes associés offre aux parasitoïdes et prédateurs non seulement des microhabitats favorables en suppléments de refuges, leur permettant ainsi de se soustraire à certaines adversités telle que la dessiccation (Altieri et Liebman, 1986; van Huis, 1989) mais aussi et surtout, les espèces végétales peuvent apporter une source supplémentaire de nourriture (nectar, pollen), très importante pour maintenir les populations d'insectes bénéfiques à des niveaux élevés (Smith, 1976b; Perrin, 1977).

D'autre part, les agro-écosystèmes diversifiés servent de réservoir supplémentaire d'hôtes ou de proies alternatifs pour les parasitoïdes et les prédateurs (Bathnagar et Davies, 1981, Duelli et al., 1989). Le cas le plus cité est le développement d'ennemis naturels sur les aphides non nuisibles avant l'apparition des aphides nuisibles sur les céréales (Perrin, 1975).

Un autre aspect qui peut avoir son importance est l'interaction directe plantes/ennemis naturels. Altieri et Liebman (1986) mentionnent le fait important que certains insectes entomophages sont attirés par certaines plantes particulières et ce, même en l'absence des insectes hôtes ou proies. Altieri et al. (1982) ont, aussi, noté que le taux de parasitisme des œufs de *Heliothis zea* par *Trichogramma* sp. était plus élevé sur le soja lorsque celui-ci est cultivé à proximité du maïs, de *Desmodium* sp. de *Cassia* sp. ou de *Croton* sp. qu'en culture pure. Mais cette interaction peut être aussi négative aux ennemis naturels, car la plante non hôte peut masquer l'odeur de l'insecte hôte ou proie. Il sera ainsi plus difficile au parasitoïde ou au prédateur de localiser l'hôte (van Huis, 1989)

Cette hypothèse, quoique confirmée par de nombreux travaux n'est pas encore admise à l'unanimité. En effet, lors de certains travaux des observations contraires aux prédictions ont été faites. Coderre et al. (1989) ont observé que *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera : Coccinellidae) et les tachinides aphidophages étaient en plus grands nombres dans les associations maïs/haricot que dans les cultures pures. Cependant, au cours des mêmes travaux, ils ont observé que deux autres coccinellidés, *Coleomesilla maculata lengi* Timb. et *Hippodamia tredecimpunctata* Say étaient significativement plus nombreux dans les cultures pures. Selon Fye et Carranza (1972) le maïs et le sorgho associés au coton peuvent servir de réservoir de prédateurs des ravageurs du cotonnier. Similairement, l'activité du prédateur, *Lycosa* sp. (Arachnidae), sur les larves de *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera : Pyralidae) serait plus efficace dans les cultures pures que dans les

associations arachide-mais (IRRI, 1974). Pawar et al. (1985), au cours de leurs travaux sur les espèces de *Heliothis* et leurs ennemis naturels sur le carthame des teinturiers (*Carthamus tinctorius* L.), ont noté un niveau de parasitisme plus élevé dans les cultures pures que dans les cultures associées. Schultz (1988) a observé un grand nombre d'œufs de Chrysopidés (Neuroptera), insectes aphidophages, sur le cotonnier en culture pure que lorsque celui-ci est associé au maïs ou aux herbes. De même, Perfecto et al. (1986), travaillant sur les taux d'émigration de *Evarthrus sodalis* Le Conte et de *Harpalus pennsylvanicus* De Geer (Coleoptera : Carabidae), ont montré que ces taux étaient plus élevés dans les associations tomates/haricot à haute densité de semis que dans la tomate en culture pure. Mais, à des densités de semis plus faibles le phénomène s'inversait. Ils ont attribué les taux d'émigration plus élevés dans les cas de hautes densités de semis au meilleur développement des plants de tomate en culture pure, ce qui offrait beaucoup plus d'ombre et d'humidité.

Ces quelques exemples montrent, comme l'ont fait remarquer Perfecto et al. (1986) l'évidence d'une situation plus complexe que celles suggérées par l'hypothèse des ennemis naturels. En effet, la diversité des espèces végétales provoque une diversité de facteurs variés, comme l'architecture et le microclimat de l'habitat, qui peuvent avoir des incidences négatives ou positives sur les populations d'insectes bénéfiques.

L'hypothèse de la concentration des ressources. Cette deuxième hypothèse proposée par Root (1973) prédit que les populations d'insectes herbivores peuvent être directement influencées par la concentration ou la dispersion des plantes hôtes. Les insectes phytophages ont plus de chance de trouver et de rester sur leurs hôtes quand ceux-ci sont cultivés à de hautes densités ou simplement en culture pure (Altieri et Liebman, 1986; van Huis, 1989; Karg, 1989). Les agro-écosystèmes peu ou pas diversifiés offrent aux phytophages, non seulement, une bonne concentration des ressources alimentaires, mais aussi, des conditions physiques homogènes. Ainsi, certains phytophages vont trouver dans une même parcelle en culture pure tout ce dont ils ont besoin et leurs populations peuvent subir une croissance rapide et expansive. D'autres espèces pourront trouver dans les cultures pures un plus grand nombre de sites adéquats pour l'oviposition (Price, 1984)

Ici aussi, beaucoup de travaux peuvent être cités en exemple pour confirmer cette hypothèse. L'association du maïs avec le soja, selon Ralph et al. (1989) réduit significativement l'infestation par le borer, *Ostrinia nubilalis* Hubner. Lambert et al. (1987) ont fait des observations similaires dans des associations maïs/trèfle. Gold et al (1989) rapportent, qu'en Colombie, l'association de cultures réduit certains ravageurs du manioc de 10 à 43%. Ram et al. (1989) rapportent une réduction importante des populations de *Empoasca kerri* Pruthi sur le niébé lorsque celui-ci est cultivé en association avec le sorgho.

Cependant certains autres travaux montrent que la diversification des espèces végétales peut, soit n'avoir aucune ou peu d'incidence sur certains ravageurs, soit élever leur niveau d'infestation et aggraver ainsi le problème des ravageurs en procurant à ceux-ci des hôtes alternatifs dans le temps et dans l'espace (van Huis, 1989). Ogwaro (1983) a observé une élévation du taux d'infestation du maïs par les foreurs des tiges lorsque celui-ci est associé au niébé. Capinera et al. (1985) ont eux observé que *Diabrotica virgifera* Le Conte (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) étaient plus abondants sur le maïs, dans les systèmes hétérogènes. Ils ont également noté que plusieurs espèces comme *Anaphothrips obscurus* (Müller), *Macrosiphum euphorbia* (Thomas).

Schizaphis graminum (Rondani) et *Tetranychus urticae* Koch n'étaient pas affectées par la diversification. Matteson (1982) a observé une élévation des populations de punaises suceuses des gousses du niébé dans les associations avec le maïs. Par contre il a observé une réduction de près de 42% des populations de *Megalurothrips sjostedti* (Tryb.).

L'association de cultures et la lutte intégrée

Les pesticides chimiques de synthèse introduits depuis la dernière guerre mondiale ont apporté à l'humanité des bénéfices inestimables du point de vue de la sauvegarde de la santé de l'Homme, la diminution de la souffrance, et des gains économiques. Le succès de ces pesticides a conduit à une grande confiance en eux et le contrôle chimique est devenu une activité économique de grande importance. En 1986, 17,4 milliards de dollars U.S de pesticides chimiques ont été utilisés dans le monde entier, avec une croissance annuelle estimée à 3,6% (van der Valk et Koeman, 1988). Van Latum (1985) estime à plus de 30% la part de pesticides utilisés dans les pays du tiers monde. Mais ces produits chimiques furent utilisés de manière tellement intensive, et même abusive, que leurs insuffisances et leurs inconvénients ne tardèrent pas à se manifester.

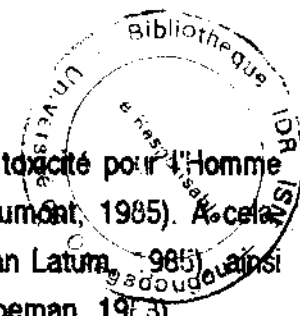
Il a été d'abord observé que les pesticides perdaient de leur efficacité, parce que les ravageurs résistent actuellement mieux à ces produits qu'au début de leur utilisation. Pour la seule et omologie agricole le nombre d'espèces résistantes est passé 53 en 1960 à 156 en 1965 puis à plus de 200 en 1970 (Gaumont, 1985). van der Valk et Koeman (1988) signalent qu'au moins 447 espèces d'insectes (dont 264 nuisibles aux plantes cultivées) ont été recensées comme résistantes à un ou plusieurs insecticides. Selon les mêmes auteurs au moins 100 espèces de phytopathogènes, 48 espèces de mauvaises herbes et 2 espèces de nématodes ont développé une résistance aux pesticides.

Une conséquence du développement de la résistance est la diminution du degré de contrôle avec le temps. Il faut de plus en plus de traitements et à des doses de plus en plus fortes (van der Weide et van Huis, 1989). Par exemple, dans certaines régions d'Amérique centrale, de 1960 à 1970, le nombre d'applications de pesticides sur les cultures de coton est passé de 8 à près de 30 par an, suite à un accroissement de la résistance des ravageurs (van der Valk et Koeman, 1988). Cela accroît le coût du contrôle des ravageurs et oblige à de nouveaux investissements pour développer des composés de remplacement.

Le gros problème des pesticides chimiques de synthèse demeure leur absence de sélectivité. Ils tuent presque tout ce qui vit, y compris les insectes utiles. Ils ont aussi souvent des actions imprévues dont la plus curieuse est la "substitution de la faune" (Gaumont, 1985). Le ravageur, en disparaissant, laisse une place écologique vide. Il est immédiatement remplacé par un autre ravageur, souvent plus résistant et plus difficile à combattre.

La plus grave conséquence des traitements chimiques abusifs est que le ravageur lui-même peut revenir en force après un certain temps et que cette nouvelle attaque est bien plus forte que les précédentes. Elle est due le plus souvent à la disparition des ennemis naturels. Il faut d'ailleurs noter que cette disparition des ennemis naturels ne résulte pas obligatoirement du traitement chimique lui-même, car même s'ils n'ont pas été atteints, les ennemis naturels ne peuvent survivre puisque les ravageurs qui leur servaient d'hôtes ont disparu (Hansen, non daté).

L'utilisation des pesticides chimiques pose le problème de leur persistance dans le milieu.



naturel. Les organochlorés (DDT, HCH), par exemple, en dépit de leur très faible toxicité pour l'Homme et les animaux, subissent une concentration au cours de la chaîne alimentaire (Gaumont, 1985). A cela, il faut ajouter l'empoisonnement des rivières, des sources et des eaux marines (van Latum, 1985) ainsi que l'action dépressive sur la microflore et la microfaune du sol (van der Valk et Koeman, 1983).

A toutes ces conséquences il faudrait ajouter quelques autres, d'importance non négligeable, tels que les résidus des pesticides dans les aliments, la phytotoxicité de certains pesticides, enfin et surtout les problèmes pour la santé de l'Homme. Pour ce dernier point, l'OXFAM estime que 10 000 personnes meurent chaque année suite à une mauvaise utilisation des pesticides (van Latum, 1985). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a estimé à 500 000 les cas d'empoisonnement par les pesticides, chaque année (Gerrits, 1983). Dans les pays du tiers monde les risques d'empoisonnement sont encore plus élevés que nul part ailleurs. Cela à cause du manque d'information des utilisateurs, des manipulations inadéquates et le plus souvent du manque des équipements nécessaires (gant, masques).

Outre l'ensemble de tous ces inconvénients, il y a le fait que d'un point de vue économique caractéristique de la situation d'agriculture de subsistance de la plupart des pays du tiers monde, il est difficile de compenser les coûts des traitements chimiques par les cultures vivrières (van der Werf et van Huis, 1989; Overholt, 1990).

Ainsi, aujourd'hui, les entomologistes et tous les autres spécialistes de la protection des cultures sont-ils unanimes à reconnaître qu'il faut abandonner la pratique des traitements chimiques aveugles. Ils ressentent aujourd'hui la nécessité d'établir les interventions phytosanitaires sur des bases plus rationnelles en ne négligeant aucun facteur en présence. C'est ainsi qu'est née le concept de la lutte intégrée.

La lutte intégrée, telle que définie en 1967 par le groupe d'experts de la FAO, est "un système qui, dans un contexte associant la dynamique des populations de ravageurs, utilise toutes les méthodes et techniques convenables, d'une manière aussi compatible que possible, et maintient les populations de ravageurs à des niveaux en dessous de ceux causant des dommages économiques" (FAO, 1980). Pratiquement, la lutte intégrée consiste donc à tendre vers cet idéal en harmonisant les techniques dans un ensemble organisé utilisant des méthodes compatibles et en les associant entre elles à l'intérieur d'un écosystème en évolution (Breniere, 1981).

Dans son sens le plus large, la lutte intégrée vise tous les organismes nuisibles de l'agro-écosystème : insectes, pathogènes, plantes adventices, oiseaux et autres ravageurs, qui réagissent entre eux et avec les autres éléments du système. Comme le précise la définition, la lutte intégrée ne vise nullement l'éradication des organismes ravageurs. Elle se donne plutôt un objectif de gestion de populations de ravageurs pour les maintenir en deçà des densités causant des pertes économiques significatives. Cela implique qu'un certain niveau de dommage est toléré. Les techniques pouvant, en outre, être envisagées ou utilisées pour réduire les populations d'insectes ravageurs sont :

- la lutte culturale
- la lutte biologique
- la lutte chimique
- l'utilisation des méthodes de stérilisation de l'un des sexes
- les attractifs et les répulsifs

- l'altération physiologique des insectes
- l'adoption des variétés résistantes ou tolérantes.

La lutte intégrée ne rejette pas catégoriquement l'utilisation des pesticides chimiques, mais les considère seulement comme un dernier recours. Leur utilisation, lorsqu'elle est jugée nécessaire, doit se faire de manière rationnelle, prudente et s'intégrer dans une stratégie globale de gestion des populations d'insectes nuisibles. L'utilisation des insecticides doit tenir compte des seuils économiques, de la conservation des ennemis naturels, des pratiques culturales, du stade de développement de l'insecte, de la présence des autres ravageurs, des conditions climatiques et environnementales, et du stade de développement de la culture à protéger.

Les densités des populations d'insectes nuisibles causant des dommages économiques devraient être déterminées afin que l'utilisation des produits chimiques ne soit faite que lorsqu'elle est écologiquement et économiquement justifiée (van Huis, 1989). Cela nécessite la détermination, pour chaque ravageur et pour chaque culture, d'un seuil économique; c'est à dire la densité de population à laquelle les mesures de contrôle doivent être entreprises afin d'empêcher le ravageur d'atteindre le niveau de dommage économique. Le niveau de dommage économique étant la plus faible densité de population du ravageur pouvant causer des dommages économiques. Un dommage est jugé économique lorsqu'elle justifie financièrement le coût des mesures artificielles de contrôle (van Huis, 1989; van der Valk et Koeman, 1985)

Quoique la lutte intégrée ait été largement recommandée, le développement et l'exécution des stratégies de lutte intégrée ont été très lents. Des contraintes et des obstacles s'opposent à la mise en place des programmes. Selon van Latum (1985), Overholt (1990), van der Weel et van Huis (1989) sont de ces contraintes et obstacles les éléments suivants :

- les scientifiques et les universités sont payés par les industries chimiques pour la recherche des molécules pesticides. Ceux-ci n'ont donc plus l'opportunité de travailler sur d'autres méthodes de contrôle.

- l'industrie chimique croit qu'elle n'a pas d'intérêt dans la lutte intégrée. Celle-ci, à l'opposé des pesticides chimiques, ne fait l'objet d'aucun brevet. Pourtant, la lutte intégrée, en retardant le développement de la résistance chez les ravageurs, permet la commercialisation des molécules pesticides sur une plus longue période, donc de rentabiliser les coûts de la recherche.

- le manque, quelques fois, de soutien des gouvernements. Les politiques gouvernementales peuvent avoir une influence sur le développement et l'exécution de la lutte intégrée. Analysant cet aspect des choses dans situation sahélienne, Overholt (1990) relève deux points essentiels qui sont la subvention des pesticides et les prix artificiellement bas des produits agricoles.

- la complexité de la lutte intégrée : en général, les approches de lutte intégrée sont plus compliquées à développer, à mettre en place et à comprendre que l'utilisation des produits chimiques. Beaucoup de gens pensent de la lutte intégrée, de la même manière qu'elles font de la lutte chimique, comme une simple tactique pouvant être facilement transférée des pays développés à ceux en développement. Comme le dit si bien Overholt (1990). Elles n'arrivent pas à comprendre que la lutte intégrée est un concept, une philosophie.

- après la mise au point d'une stratégie de lutte intégrée contre un ravageur, l'étape suivante est de convaincre l'agriculteur, et cela causent quelques problèmes : (1) la lutte intégrée travaille lentement.

Ainsi, il y a un désavantage psychologique parce que les agriculteurs préfèrent avoir des résultats immédiats. Les agriculteurs ne tolèrent pas que même un petit nombre de ravageurs demeure dans les champs, ce qui est le cas de la lutte intégrée. (2) Les agriculteurs qui utilisent les pesticides reçoivent, souvent des primes de la part des compagnies. (3) Les agents de vulgarisation sont les seules sources d'information pour l'agriculteur, pour qui ils sont les experts. Les conseils et la publicité viennent d'un seul et même individu : l'agent de vulgarisation.

- la lutte chimique est facile.

- souvent l'introduction de la lutte intégrée s'est fait alors que la lutte chimique n'est même pas encore connue. Les agriculteurs sont alors faces à de gros problèmes parce qu'ils ignorent les dangers de l'utilisation des pesticides chimiques. Dans de telles conditions la lutte intégrée est plus difficile à introduire.

Il faut ajouter aux points ci-dessus évoqués le manque de connaissances et d'informations, le manque de ressources financières et l'insuffisance du personnel qualifié pour la recherche et la vulgarisation.

En tant que méthode potentielle de régulation des populations de ravageurs, les systèmes d'association de cultures peuvent être un élément important dans le développement de techniques adaptées et "bon marché" pour la gestion des ravageurs (Bathnagar et Davies, 1981; Perrin, 1977). Ces systèmes peuvent donc être pris, après étude approfondie, comme la composante des programmes de lutte intégrée. Ils sont d'autant plus important qu'en dépit de leurs avantages purement agronomiques :

- (1) Ils peuvent, par la diversification qu'ils introduisent, réduire l'incidence des insectes ravageurs, des maladies et des mauvaises herbes (Altieri et al., 1986; Moddy et Shetty, 1981; Shetty et Rao, 1981). Le choix judicieux d'un système d'association convenable, en permettant la réduction de la vitesse d'atteinte des seuils de nuisibilité des ravageurs et des maladies, peut permettre du même coup la réduction des doses et des fréquences d'application des pesticides (Matteson, 1982). Cela a pour conséquence, d'une part d'abaisser le coût du contrôle chimique, donc de réduire le coût de la production. Et d'autre part, de minimiser les risques pour le paysan, mais aussi les effets néfastes des pesticides sur l'écosystème;
- (2) Ils permettent une stimulation des antagonismes naturels qui s'exercent au mieux. En favorisant, généralement, les ennemis naturels des ravageurs, les systèmes d'association de cultures permettent aux facteurs naturels de mortalité des ravageurs de s'exprimer et de réguler ainsi les populations nuisibles. L'élevage et le lâché d'ennemis naturels sont d'autant plus favorisés dans les systèmes agricoles diversifiés que ceux-ci peuvent offrir aux ennemis naturels une source supplémentaire de nourriture (hôtes ou proies alternatifs, nectar, pollen), ainsi que des microhabitats favorables leur permettant d'échapper à certaines adversités;
- (3) Ils peuvent être utilisés conjointement avec les autres méthodes de contrôle comme la résistance variétale, les autres méthodes culturales, la lutte chimique et la lutte biologique. Cela nécessite certes des études approfondies afin de définir les types d'association les plus convenables pour éviter, soit certains antagonismes (par exemple les effets des pesticides sur les ennemis naturels), soit certaines difficultés techniques dans l'utilisation conjointe des différentes techniques (difficultés dans les opérations culturales, difficultés dans l'application des produits chimiques);
- (4) Les systèmes d'association de cultures sont des techniques connues, sinon même maîtrisées, par les agriculteurs. Proposer à ceux-ci des méthodes de contrôle inspirées de leur savoir ne peut qu'accroître les chances de succès de ces méthodes.

L'intégration des systèmes d'association de cultures dans les programmes de gestion intégrée des ravageurs peut avoir pour rôle premier d'abaisser les niveaux des populations des ravageurs et des maladies, et permettre ainsi aux autres méthodes de contrôle utilisées d'être plus efficaces et plus rentables économiquement.



Tableau 4. Effets possibles de l'association de cultures sur les populations d'insectes ravageurs (Hasse et Litsinger, 1981)

Facteurs	Explications	Exemples
Interférence avec la recherche de la plante hôte		
Camouflage	Une plante hôte peut être protégée des insectes ravageurs par la présence d'une barrière physique créée par les autres plantes qui sont à côté d'elle	Camouflage des plants de haricot par ceux du riz contre la mouche du haricot
L'arrière-plan de la culture	Certains ravageurs préfèrent une couleur et/ou une texture particulière de l'arrière-plan de la culture	Les aphides sont plus attirés par une culture de chou sur sol nu que sur sol enherbé
Masquage ou dilution des stimuli d'attraction	La présence de la plante non hôte peut masquer ou diluer les stimuli d'attraction émis par la plante hôte, conduisant ainsi à une perturbation des mécanismes d'orientation, d'alimentation et de reproduction du ravageur	<i>Phyllotreta cruciferae</i> sur chou
Stimuli chimiques répulsifs	Les odeurs aromatiques de certaines plantes peuvent perturber le comportement du ravageur dans sa recherche de la plante hôte	Les populations de <i>Plutella xylostella</i> sont repoussées des associations chou/tomate
Interférence avec le développement et la survie de la population du ravageur		
Barrière mécanique	Toutes les plantes composant l'association peuvent bloquer la dispersion des herbivores à travers le champ. La réduction de la dispersion peut également se produire dans les associations de variétés sensibles et de variétés résistantes d'une même culture	
Absence des stimuli de rétention	La présence simultanée de plantes hôtes et de plantes non hôtes peut affecter la colonisation par les herbivores. Si un herbivore descend sur une plante non hôte il quittera la parcelle beaucoup plus rapidement que s'il était descendu sur une plante hôte	
Influence du microclimat	Dans les systèmes d'association les aspects favorables des conditions microclimatiques sont très fractionnés. Les ravageurs ont ainsi beaucoup plus de difficultés pour localiser les microhabitats favorables, et y rester	
Influences biotiques	L'association de cultures peut accroître le complexe d'ennemis naturels (voir l'hypothèse des ennemis naturels)	

Deuxième partie

**EXPERIMENTATIONS,
RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Chapitre VI. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide au champ

L'arachide, *Arachis hypogaea* L., est l'une des principales cultures de rente au Burkina Faso. Aussi, est-elle largement cultivée dans presque toutes les zones agroclimatiques du pays. Malheureusement, la production et la productivité de l'arachide restent sérieusement limitées par un certain nombre de facteurs, dont les plus importants sont, probablement, une pluviométrie faible et mal répartie, la pauvreté des sols, l'exiguïté des superficies exploitées, et l'action déprédatrice des agents pathogènes, des plantes nuisibles, et des insectes phytophages (Lynch et al., 1985). Bien que le contrôle chimique des nuisibles ne puisse être, a priori, exclu, il ne demeure pas moins vrai que les travaux de recherche, visant à la mise au point de méthodes de lutte efficaces et peu destructives de l'environnement, doivent être encouragés.

L'une de ces méthodes, non chimique, méritant plus d'intérêt de la part des entomologistes qu'elle n'a reçu jusque-là demeure le système d'association de cultures. En effet, prouvée intéressante du point de vue agronomique (van Huis, 1989; Baliddawa, 1985; Perrin, 1977; Norman, 1974) et susceptible de minimiser les dégâts de certaines plantes nuisibles telles que le *Striga* (Konaté, 1990), l'impact de la pratique de l'association de culture sur les paramètres des populations des insectes nuisibles mérite d'être évalué. Cela est d'autant plus justifié que 75 à 80% des principales cultures sont effectuées dans les agro-écosystèmes associés dans bon nombre de pays africains, au sud du Sahara (van Huis, 1989).

L'objectif de notre recherche a été de tenter d'évaluer l'effet de l'association de l'arachide avec le sorgho et le mil sur les fluctuations des densités de populations, et dégâts des principaux groupes d'insectes ravageurs de la légumineuse. Nous avons aussi essayé de quantifier l'impact de l'association sur les fluctuations des populations de quelques insectes utiles, notamment les prédateurs et les parasitoïdes, dans les agro-écosystèmes associés et non associés.

Matériels et méthodes

Sites expérimentaux. Les essais ont été conduits, en 1990, dans les stations de recherches de Gampéla et de Farako-bâ, dont les caractéristiques physiques sont résumés ci-dessous : (1) La station de recherche agronomique de Farako-bâ est située à une dizaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso. Farako-bâ appartient à la zone semi-humide, à saison pluvieuse relativement longue (Mai à Octobre). Les sols de la station sont des sols ferrallitiques faiblement désaturés, appauvris, modaux, et sensibles à l'érosion. (2) La station expérimentale de Gampéla est située à environ 20 km à l'Est de Ouagadougou. Gampéla fait partie de l'ensemble dit du plateau central, au climat de type soudano-sahélien, caractérisé par une pluviométrie annuelle située entre 650 et 900 mm. Les sols, de nature ferrugineux, sont lessivés et fortement dégradés.

Dispositif expérimental. Le dispositif expérimental utilisé dans les deux sites expérimentaux a été le dispositif en blocs Fisher comportant 3 traitements et répété 4 fois, dont (1) Culture pure Arachide (TS 32-1); (2) Association Arachide (TS 32-1) - Mil (IKPM 1); (3) Association Arachide (TS 32-1) -

Sorgho (E 35-1), pour Gampéla. Et pour Farako-bâ, 2 traitements : (1) Arachide (TS 32-1) en culture pure, et (2) Association Arachide (TS 32-1) - Sorgho (E 35-1). Les parcelles élémentaires avaient pour superficie 8 m x 6 m chacune et les blocs étaient séparés les uns des autres par des allées de 3 m.

Pratiques culturales. Les semis ont été effectués sur billons, le 10 juillet à Farako-bâ et le 12 juillet à Gampéla. Les densités de semis étaient de 0,15 m x 0,60 m (inter-poquet x inter-ligne) pour l'arachide, en culture pure, et de 0,15 m x 1,25 m (inter-poquet x inter-ligne) pour l'arachide associée aux céréales. Les associations étaient de type intercalaire avec un taux d'occupation de 50% de la parcelle pour chaque espèce végétale.

L'entretien des parcelles a consisté en un premier sarclage effectué 11 jours après les semis. Au cours de ce sarclage chaque parcelle a reçu un épandage d'engrais complet NPK (14-23-14), à la dose de 150 kg/ha. Deux autres sarclages furent effectués à 30 et 45 jours après semis, respectivement. Les parcelles élémentaires n'ont fait objet à aucun traitement pesticide.

Echantillonnage des populations des insectes. Les densités des populations des insectes inféodés à l'arachide, en culture pure ou en association, ont été estimées par l'utilisation de 3 méthodes d'échantillonnage, dont les bourgeons terminaux, les fleurs, et le filet.

L'échantillonnage par la méthode de "bourgeons terminaux" de l'arachide a consisté en un prélèvement de 3 échantillons, de 10 bourgeons/mètre de ligne de semis chacun, par parcelle élémentaire. Chaque échantillon était placé dans un flacon en verre contenant, approximativement, 50 ml d'une solution d'éthanol 70%. Les flacons étaient ensuite ramenés au laboratoire où leur contenu a été versé dans des boîtes de pétri et les insectes inféodés aux bourgeons ont été identifiés et dénombrés sous binoculaire. Initié le 19^e jour après semis, ce type d'échantillonnage a été répété hebdomadairement jusqu'à la période de remplissage des gousses.

L'échantillonnage par le prélèvement des fleurs a été similaire à celui décrit plus haut pour les bourgeons terminaux en ce sens que 3 échantillons de 10 fleurs chacun furent prélevés par parcelle élémentaire. Les fleurs étaient également placées dans des flacons en verre contenant une solution d'éthanol 70% et ramenées au laboratoire pour identification et comptage des insectes sous binoculaire. La fréquence d'échantillonnage des insectes inféodés aux fleurs était aussi hebdomadaire.

L'échantillonnage au filet consistait en un prélèvement hebdomadaire de 3 échantillons, de 10 balais chacun, par parcelle élémentaire. Les captures, transférées dans des sachets plastiques étiquetés étaient ensuite ramenées au laboratoire pour identification et comptage des insectes sous binoculaire. Initié 26 jours après semis, l'échantillonnage au filet a été continué jusqu'à la période de remplissage des gousses. Le fauchage se faisait régulièrement entre 9 heures et 11 heures du matin.

Identification des insectes. Les insectes dans chaque échantillon étaient d'abord identifiés par le nom de leur ordre. Ensuite, au sein de chaque ordre nous affectons un numéro à toute espèce rencontrée et qui ne pouvait pas être immédiatement identifiée (par exemple Coléoptère 1, Hyménoptère 1). Les spécimens étaient alors conservés dans des flacons étiquetés contenant de l'alcool 70°. Cela a permis de pouvoir identifier plus tard, au sein de chaque ordre, les différentes familles, les genres et si possible les espèces, et aussi de distinguer les ravageurs, des prédateurs et des parasitoïdes.

Pour l'identification au niveau de familles, nous avons utilisé les clés d'identifications ainsi que les descriptions proposées par Balakwoski (1962), Stanek (1985), Borror et al. (1981), Delvare et Aberlenc (1989), Villier (1977), Auber (1976), Chinery (1983). Ensuite, nous avons procédé à l'identification de certains genres et espèces pour lesquels nous disposons de figures descriptives. Nous nous sommes notamment servis des photographies et figures faites par Singh et Allen (1979), Jackai et Daoust (1986), Ribbec (1950), Teetes et al. (1983), Singh (1985).

Quantification des dégâts des insectes nuisibles. La quantification a visé ici l'estimation de l'impact direct des prédateurs sur les organes végétatifs et reproducteurs des plants, et l'établissement d'une corrélation entre les densités des populations des ravageurs et le niveau de dégâts qu'ils causent sur l'arachide, et ce, en présence ou en absence d'une autre espèce végétale pouvant être un facteur potentiel de diversion ou obstacle physique.

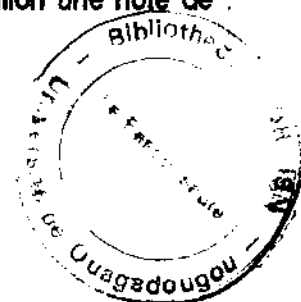
La quantification des dégâts sur les organes végétatifs a intéressé les insectes piqueur-suceurs, notamment les aphides, les thrips et les jassides (séparément), et les insectes broyeur tels que les lépidoptères, les coléoptères et les orthoptères (groupés).

Les dégâts des aphides ont été estimés visuellement à l'aide de la méthode proposée par Jackai et Singh (1988). Ainsi, par parcelle élémentaire, nous avons procédé à l'estimation des dégâts sur 3 échantillons d'un mètre de ligne de culture, pris chacun sur une des deux lignes centrales de la parcelle. Sur chaque mètre-échantillon nous avons déterminé le pourcentage de plants attaqués par les aphides (présence d'aphides sur les faces inférieures des feuilles et sur les jeunes tiges). Ensuite nous avons apprécié la sévérité de l'infestation en utilisant une échelle allant de 1 à 9 (tableau 5) selon la taille des colonies d'aphides.

Les dégâts des thrips sur les feuilles. Apparaissant sous forme de déformations foliaires, ont été quantifiés sur les mêmes mètres d'échantillons que ceux utilisés pour estimer les dégâts des aphides. Ici le nombre de plants portant les symptômes de dégâts des thrips a été établi, et selon la sévérité de l'attaque, l'échelle suivante a été utilisée pour attribuer à l'échantillon une note de :

0	=	pas de dommages
1	=	10% de feuilles portant des dommages
2	=	20% de feuilles portant des dommages
3	=	30% de feuilles portant des dommages
4	=	40% de feuilles portant des dommages
5	=	50% de feuilles portant des dommages
6	=	60% de feuilles portant des dommages
7	=	70% de feuilles portant des dommages
8	=	80% de feuilles portant des dommages
9	=	90% de feuilles portant des dommages
10	=	100% de feuilles portant des dommages

Les dégâts des jassides. Identifiables par un jaunissement apical des feuilles qui se propage le long de la nervure médiane, ont été appréciés visuellement sur les mêmes mètres de lignes de culture précédemment échantillonnés pour les dégâts des aphides et des thrips. Pour chaque échantillon nous avons donné une note moyenne allant de 1 à 9 (Tableau 6) à l'ensemble des plantes, suivant une



échelle proposée par Jackai et Singh (1988).

Pour les dégâts des broyeur du feuillage, représentant les dégâts cumulés des lépidoptères, coléoptères et orthoptères, nous avons, sur chacun des trois mètres d'échantillons par parcelle élémentaire, estimé le pourcentage moyen de feuilles attaquées en utilisant une échelle numérique graduée de la façon suivante :

0	=	pas de dommages
1	=	10% de feuilles portant des dommages
2	=	20% de feuilles portant des dommages
3	=	30% de feuilles portant des dommages
4	=	40% de feuilles portant des dommages
5	=	50% de feuilles portant des dommages
6	=	60% de feuilles portant des dommages
7	=	70% de feuilles portant des dommages
8	=	80% de feuilles portant des dommages
9	=	90% de feuilles portant des dommages
10	=	100% de feuilles portant des dommages

L'estimation des dégâts sur les organes reproducteurs a porté essentiellement sur l'évaluation du pourcentage de gousses attaquées. Pour ce faire, nous avons procédé, dans chaque parcelle élémentaire, à un échantillonnage destructif. A partir de l'initiation des gousses nous avons déterré tous les plants sur un mètre de ligne de semis pris sur les ligne de bordure, et compté le nombre total de gousses et le nombre de gousses endommagées (scarifiées et/ou perforées).

Indice foliaire et accumulation de matière sèche. Parallèlement à l'estimation des dégâts, nous avons aussi mesuré l'indice foliaire, LAI (de l'anglais "leaf area index") de l'arachide. Cela permet d'apprécier l'impact de l'association sur le développement végétatif des plantes d'arachide. La LAI est donnée par le rapport entre la largeur du couvert végétal et l'espace théoriquement disponible pour la ligne de culture.

Toujours dans le souci de suivre l'effet de l'association sur le développement végétatif des plantes d'arachide, nous avons également procédé à la pesée de plants prélevés sur les lignes de bordure, dans chaque parcelle élémentaire. Les parties aériennes (feuilles et tiges, puis gousses) et les parties souterraines (racines, puis gousses), étaient pesées séparément. Les pesées ont été faites, d'abord, immédiatement après le prélèvement, pour la détermination du poids frais, puis après séchage à l'étuve à 65°C pendant 48 heures, pour la détermination du poids à l'état sec. Les prélèvements ont eu lieu à des intervalles de deux semaines à partir du 26^e jour après semis.

Détermination des rendements. Pour estimer les rendements en gousses, nous avons récolté, dans chaque parcelle, les deux lignes centrales, soit au total 12 mètres de ligne. Ces deux lignes, n'ayant subi aucune perturbation sensible lors de divers échantillonnages, étaient plus aptes à rendre compte de l'impact des ravageurs sur la productivité de différents systèmes de cultures.

L'évaluation des rendements, R (Kg/ha), s'est faite par la formule suivante :

$$R = \frac{10000}{12 * Y} * \frac{(n+1)}{n} * P_p$$

dans laquelle :

- Y = largeur interligne
- n = nombre total de plantes sur les deux lignes récoltées
- P_p = production des deux lignes récoltées (en Kg)

A l'aide des rendements ainsi calculés, nous avons évalué le ratio de surface de terre équivalente, LER (de l'anglais land equivalent ratio). La LER permet d'estimer la surface de terre nécessaire en monoculture pour produire au même niveau qu'un système de cultures associées. Nous avons pour cela utilisé la formule ci-dessous (d'après Mead et Stern, 1981).

$$LER = \frac{A_a}{A_s} + \frac{B_a}{B_s}$$

Dans cette formule :

- A_a = rendement de la culture A en association avec la culture B
- A_s = rendement de A en monoculture
- B_a = rendement de B en association avec A
- B_s = rendement de B en monoculture

La LER permet de mesurer l'efficacité du système d'association en comparaison avec la culture pure.

Analyses statistiques Les données sur les insectes ont été analysées séparément et selon le mode de phagie des insectes, exemple phytophages (ravageurs) et entomophages (prédateurs et parasitoïdes). Les familles importantes de chacune de ces deux catégories, du point de vue nombre d'individus, et souvent même certaines espèces particulièrement dominantes ont été aussi analysées séparément. Nous avons aussi quelques fois regroupé ensemble certaines familles, dans chaque ordre, suivants les similitudes dans les types de dégâts.

Toutes les données sur les insectes ont subi, avant analyse, une transformation Ln(x+1) afin de normaliser les fréquences de distribution et de stabiliser les variances. Les données sur les dégâts ont, aussi, subi une transformation mais cette fois en arcsin√x. Les données transformées comme ci-dessus indiquées et celles sur les plantes, non transformées (LAI, matière sèche et rendements) ont fait l'objet d'une analyse de variance (SuperANOVA). La séparation des moyennes significativement différentes s'est faite par le test multiple de Duncan (Duncan's new multiple range test, 1955) à un niveau de confiance α = 0,95.

Résultats et discussions

Les échantillonnages par les méthodes de bourgeons terminaux, de fleurs, et du filet, dans les 3 agro-écosystèmes de l'arachide investigués ont permis de collecter un total de 7 ordres d'insectes

comprenant les Thysanoptera, Les Homoptera, les Hemiptera, les Coleoptera, les Orthoptera, Les Diptera, et les Hymenoptera. Ces ordres renfermaient 21 familles d'insectes ravageurs, 13 familles d'insectes prédateurs, et 4 familles plus une super-famille d'insectes parasitoïdes. Malheureusement, plusieurs de ces familles n'ont été représentées que par quelques spécimens collectés à une fréquence réduite au cours de la plupart des dates d'échantillonnage ou collectés en nombres importants mais seulement à quelques dates d'échantillonnage. Aussi, avons-nous décidé de ne discuter, de manière séparée, que des familles d'insectes ravageurs ou utiles ayant été collectées régulièrement pendant toute la période d'échantillonnage. Avant analyses et discussion, les autres familles ont été regroupées dans des catégories homogènes, génériques, suivant le type de phagie ou d'éthologie alimentaire. C'est ainsi que les groupes suivants ont été constitués pour discussion : (1) Les thrips immatures et adultes; (2) Les aphides; (3) *Empoasca dolichi* Paoli; (4) Les jassides autres que *E. dolichi*; (5) Les hémiptères phytophages; (6) Les coléoptères phytophages; (7) Les orthoptères; (8) les hémiptères prédateurs; (9) Les coléoptères prédateurs; (10) Les syrphes; (11) Les ichneumonidés; (12) Les braconidés; et (13) les chalcidoidés.

Les insectes ravageurs

Les thrips. Les fluctuations des populations des thrips (immatures plus adultes) dans les 3 agro-écosystèmes de l'arachide sont illustrées dans la figure 1. Les 3 courbes de populations présentent la même allure générale, caractérisée par des densités de thrips/ 10 bourgeons terminaux relativement faibles en début de saison, augmentant plus ou moins graduellement, pour atteindre 2 pics le 54^e et le 68^e jours après semis. Ainsi donc, l'association de cultures n'a pas produit d'effet remarquablement différent sur le développement des infestations des thrips dans les bourgeons terminaux de l'arachide. Ces résultats s'expliquent probablement par le mode de colonisation des thrips. En effet, Price (1976) a montré que la plupart des groupes de petits insectes, y compris les thrips, dépendent essentiellement du vent pour leur dispersion sur les cultures. Dans de telles conditions, il est donc évident que les céréales, associés à l'arachide, ne peuvent que constituer des barrières physiques d'importance négligeable contre les infestations des thrips.

Les densités des populations des thrips dans les bourgeons terminaux égales ou supérieures au seuil de dégâts économiques, établi par Tappan et Gorbet (1979), n'ont été atteintes qu'entre le 54^e et le 68^e jours après semis dans tous les 3 systèmes agricoles de l'arachide (Figure 1). Conformément aux principes de la lutte intégrée ce n'est qu'à cette période que les mesures de contrôle contre ces ravageurs devraient être prises (Metcalf et Luckmann, 1975).

Les résultats des analyses statistiques des densités des populations des thrips immatures et adultes, estimées par les échantillonnages des bourgeons terminaux et des fleurs, sont consignés dans les tableaux 7 et 8. Les populations des thrips dans les bourgeons terminaux de l'arachide en culture pure ont généralement été supérieures, à Gampéla, à celles observées dans les bourgeons de l'arachide en association avec les céréales. Néanmoins, à l'exception de 2 dates d'échantillonnage, il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements (Tableau 7). Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Amin et Mohammad (1980) qui indiquèrent que les densités élevées des plants d'arachide dans une superficie donnée réduisaient les taux d'infestation des thrips.

Par contre, à Gampéla, le nombre de thrips inféodés aux fleurs de l'arachide en culture pure était

Echelle: 1/50 000

LEGENDE

- E Savane herbense
- D1 Savane arbustive claire
- D2 Savane arbustive peu dense
- D3 Savane arbustive dense
- H Savane arborée claire
- H2 Savane arborée peu dense
- H3 Savane arborée dense
- A1 Savane boisée claire
- M1 Savane mixte claire
- M2 Savane mixte peu dense
- J11 Jachère jeune
- J22 Jachère relativement âgée
- N Sols stériles
- RR Cordons ripicoles
- DE Exploitations

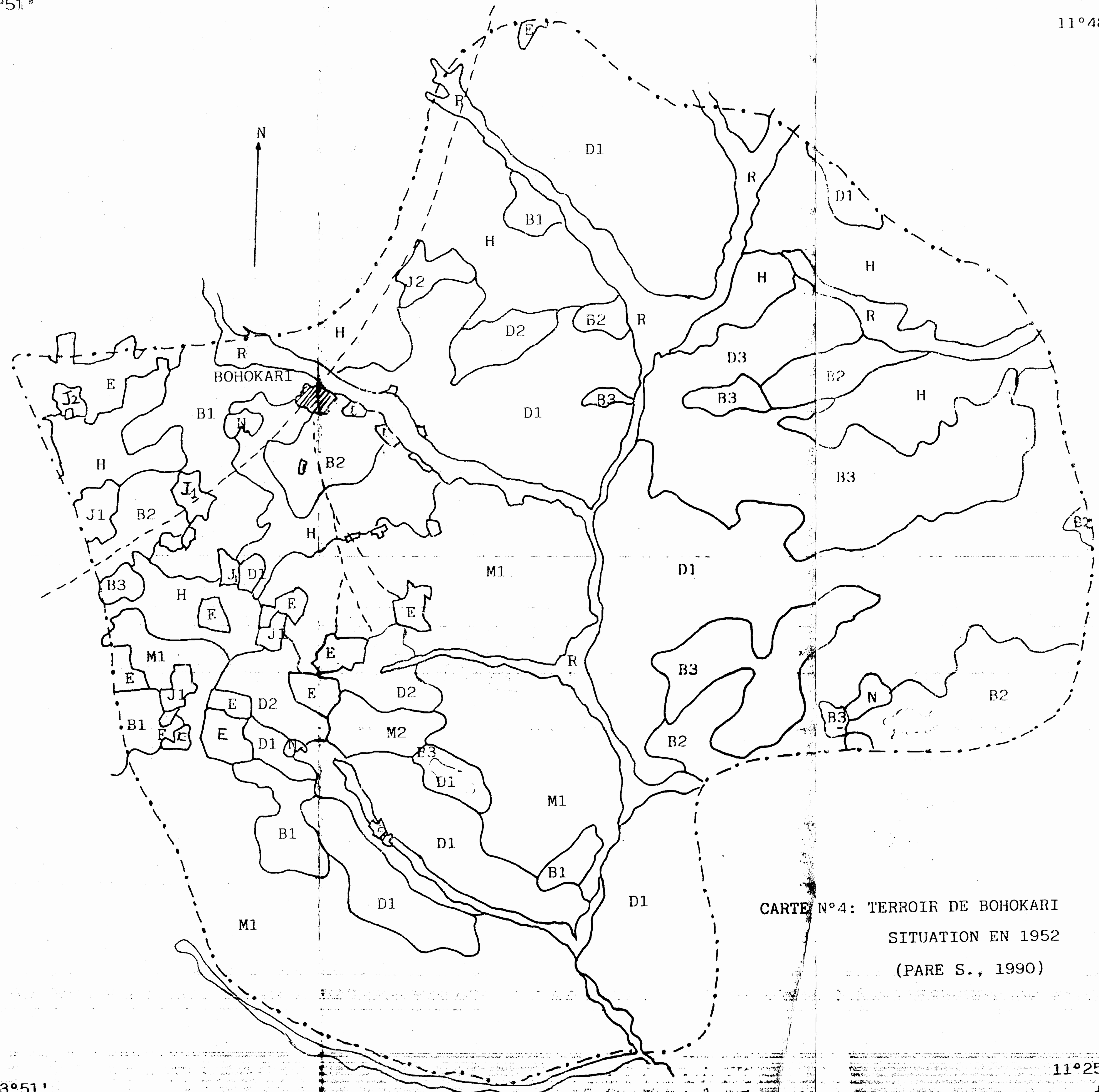
Sources: Mission AOF 52/1GN

sur 1/50 000

Photos n) 190 --- 193
 206 --- 209
 261 --- 263

3°51'

11°48'



CARTE N°4: TERROIR DE BOHOKARI
 SITUATION EN 1952
 (PARE S., 1990)

3°51'

11°25'

5.2. RESULTATS :

La quantification des unités retenues sur les 3 cartes donne le tableau suivant pour ce qui concerne les photographies aériennes.

TABLEAU N° 30 : SURFACES DES DIFFERENTES FORMATIONS AU COURS DU TEMPS ET%

EXPLOITATIONS	1952		1973		1981	
	SURFACE (ha)	%	SURFACE (ha)	%	SURFACE (ha)	%
E	215	2,7	489	6,3	456,5	5,8
JACHERES J	98,5	1,3	54,5	0,7	170	2,2
FORMATIONS RIPICOLES R	430	5,5	363	4,6	313	4,0
SAVANE HER- BEUSE H	998,5	12,7	3721,5	47,26	3389,5	43,20
SAVANE ARBUST. D	3424,5	43,6	1694,5	22	1941,5	24,8
SAVANE ARBOREE B	1055	13,5	616,5	7,9	847	10,8
SAVANE BOISEE A	0	0	6,0	0,08	111,5	1,4
SAVANE MIXTE M	1565,5	20	872,5	11	528,5	7,4
SOL NU N	53	0,7	12,5	0,16	29,5	0,4
TOTAL	7840	100	7840	100	7840	100

.../...

Echelle : 1/50 000

LEGENDE

- F Savane herbacée
- D1 Savane arbustive claire
- D2 Savane arbustive peu dense
- D3 Savane arbustive dense
- B1 Savane arborée claire
- B2 Savane arborée peu dense
- B3 Savane arborée dense
- A1 Savane boisée claire
- M1 Savane mixte claire
- M2 Savane mixte peu dense
- J1 Jachère récente
- J2 Jachère récemment tracée
- N Solbstériles
- R Cordons ripicoles
- E Exploitations

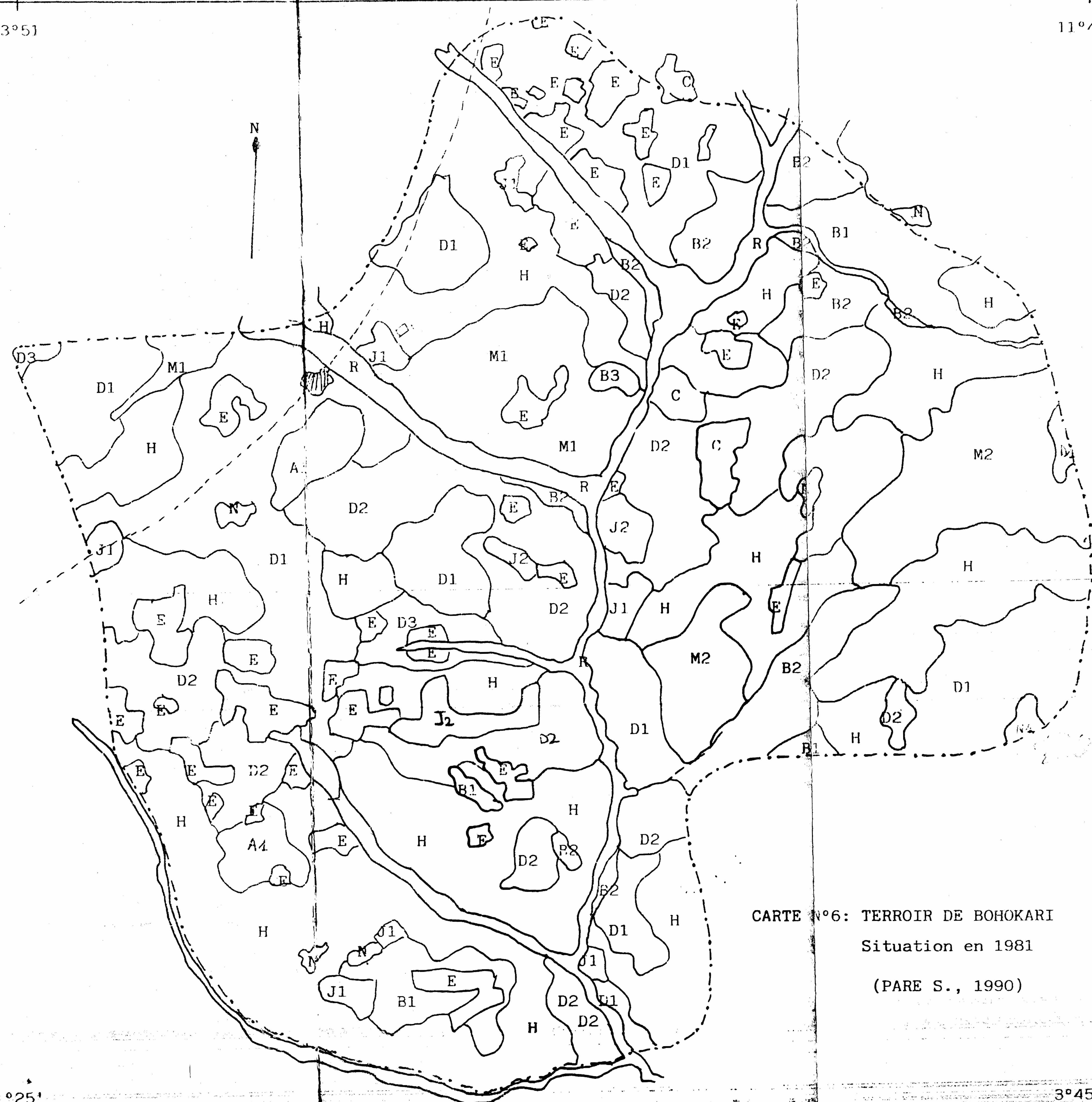
Sources : Mission IGS 81031

AU 1/50 000

Photos n° 1627-- 1629
n° 1638-- 1640
n° 1584-- 1586

3°51'

11°48'



CARTE N°6: TERROIR DE BOHOKARI
Situation en 1981
(PARE S., 1990)

11°25'

3°45'

significativement supérieur à ceux obtenus dans les fleurs de l'arachide en croissance dans les parcelles de cultures associées (Tableau 7). Ce résultat pourrait s'expliquer par la croissance végétative plus vigoureuse des plants d'arachide dans les parcelles non associées (Tableau 9; Figure 2) qui a provoqué la croissance et l'ouverture rapide des bourgeons terminaux forçant les thrips à migrer dans les bourgeons floraux pour compléter leur développement. Néanmoins, il convient de souligner que l'hypothèse de la migration des thrips des bourgeons terminaux vers les fleurs, déjà proposée par Hammons et Leuck (1966) et Lynch et al. (1984) a été contestée par Smith et Barfield (1982) et Tappan (1986).

Tout comme les populations des thrips dans les bourgeons terminaux, celles inféodées aux fleurs ont été peu affectées par les différents traitements à Gampéla (Tableau 8). Ceci s'explique, sans doute, par la mobilité des thrips adultes. En effet, Tappan (1986), procédant à des échantillonnages des thrips dans les fleurs, au cours de plusieurs périodes de la journée, a montré que les thrips adultes migraient constamment de fleur en fleur sur les plants d'arachide dans la même parcelle ou des parcelles adjacentes.

Le tableau 8 indique aussi qu'aucun des 2 traitements n'a eu d'effet significatif sur les densités des populations des thrips dans les bourgeons terminaux ou les fleurs de l'arachide, à Farako-bâ. Cela a été dû principalement à la faible pression des populations des ravageurs dans cette localité.

L'effet de l'association de cultures sur l'intensité des dégâts foliaires dus aux thrips, à Gampéla et à Farako-bâ, est indiqué dans le tableau 10. On peut y noter que dans les deux sites expérimentaux l'association de l'arachide avec le sorgho ou le mil a significativement réduit les taux de dégâts entre le 33^e et 47^e jour après semis. Néanmoins, il est peu probable qu'une telle réduction ait eu un impact quelconque sur les rendements de l'arachide. Poos (1941) a montré que les dégâts des thrips n'avaient d'effet significatif sur les récoltes de l'arachide que s'ils avaient lieu avant le 21^e jour après semis. En effet, au cours des 3 premières semaines de culture, l'arachide présente une croissance végétative lente, caractérisée par un taux d'ouverture et d'addition de nouvelles feuilles très faible (McCloud, 1973), ce qui la rend particulièrement susceptible aux dégâts foliaires des insectes piqueur-suceurs, contrairement à la phase de croissance végétative exponentielle qui a lieu entre le 21^e et le 80^e jour après semis.

Empoasca dolichi et les autres jassidés. La figure 3 montre les fluctuations des populations de *E. dolichi* dans les parcelles d'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil. Les populations du jassidé ont augmenté très rapidement de la densité de 4 individus/10 coups de filet dès la première date d'échantillonnage, pour atteindre un pic de 7,58 individus par échantillon au 54^e jour après semis. Mais à partir de cette dernière date, les densités de populations de *E. dolichi* sont tombées, presque vertigineusement, à des densités plus faibles de 6,83, 3,83, et 2,75 individus, les 61^e, 68^e, et 75^e jours après semis, respectivement. L'allure des courbes des populations dans les parcelles associées a été différente de celle décrite pour les parcelles non associées. En effet, l'association des cultures a retardé le développement des infestations de *E. dolichi* tant et si bien que les pics de populations ont été décalés d'une et deux semaines dans les parcelles d'association de l'arachide avec le sorgho et le mil, respectivement (Figure 3).

Les populations de *E. dolichi* ont été significativement plus élevées dans la culture pure que dans les parcelles d'association, et ce, au cours de 6 sur les 8 dates d'échantillonnage (Tableau 11). La

différence de densités du ravageur entre les parcelles pures et associées a découlée probablement de l'interaction de 3 facteurs principaux, dont : (1) la croissance végétative plus dense de l'arachide dans les parcelles pures (Tableau 9) qui a rendu les plants plus succulents, et partant plus attractifs aux femelles de *E. dolichi* en quête de sites favorables pour l'oviposition (DeLong, 1938); (2) l'effet de dispersion sur les populations de *E. dolichi* engendré par les céréales; et (3) la relative spécificité de ce ravageur qui attaque préférentiellement l'arachide, comparativement aux céréales. Il s'agit ici de l'hypothèse de la concentration des ressources proposée par Root (1973).

Les densités de populations des autres jassidés dans les parcelles d'arachide pure étaient supérieures à celles observées dans les parcelles d'association de cultures, tout au long de la période d'échantillonnage (Tableau 11). A l'exception de la première partie de la période d'échantillonnage, il n'y a pourtant pas eu de différences significatives entre les traitements. A Farako-bâ, par contre, une différence significative entre les densités de populations des homoptères dans les traitements n'a été observée qu'au cours des 2 dernières dates d'échantillonnage dans cette localité. La contradiction apparente entre les périodes et les taux d'infestation des homoptères à Gampéla et à Farako-bâ provient, sans doute, du fait que sous le terme homoptères étaient regroupées plusieurs espèces d'insectes d'éthologies de colonisation diverses.

Comme l'indique le tableau 10, l'association de cultures a significativement réduit le niveau des dégâts des jassidés sur l'arachide aussi bien à Gampéla qu'à Farako-bâ. Contrairement à ce qui a été observé sur les thrips, l'impact de l'association de cultures sur les dégâts des jassidés a été noté plutôt pendant la période de croissance de l'arachide. Cela est d'autant plus important que les attaques des jassidés les plus négatives sur les rendements de l'arachide sont celles qui se produisent dès les premières périodes de croissance de la légumineuse.

Les aphides. Les populations d'aphides ont été quasi absentes sur l'arachide à Gampéla. A Farako-bâ, où elles ont pourtant été collectées dans les bourgeons et les fleurs, les densités de ces ravageurs, dans les deux traitements, n'ont pas présenté de différences significatives (Tableau 8). Mais lorsque nous considérons les pourcentages de plants infestés par les aphides dans les deux traitements (Tableau 10), il ressort qu'en moyenne plus de 45% des plants le sont dans la culture pure, alors que dans l'association avec le sorgho ce pourcentage est à peine supérieur à 10%. Cela indique que des infestations plus localisées ont lieu dans les parcelles d'association, suggérant du même coup une probable interférence des plants de la céréale avec la dispersion des aphides, certainement en tant que barrière physique.

Les hémiptères phytophages. Aussi bien à Gampéla qu'à Farako-bâ il n'y a pas eu de différence significative entre les densités de populations des hémiptères phytophages dans les différents types de parcelles au cours de la plupart des dates d'échantillonnage (Tableaux 11 et 12). Néanmoins, il est apparu que les populations de ces ravageurs étaient plus importantes dans les parcelles d'association sorgho-arachide que dans les autres types de parcelles à Gampéla. Ce résultat indique que l'association de l'arachide avec le sorgho favorise un développement relativement plus important des populations des hémiptères phytophages sur l'arachide. Ceci est conforme aux conclusions des travaux de Altieri et Liebman (1986) qui indiquèrent que les densités de populations de certains insectes nuisibles étaient plus élevées dans les cas d'association de cultures que lorsque les cultures étaient pratiquées séparément. Similairement, les données sur les densités des populations

des hémiptères ravageurs à Farako-bâ (Tableau 11) montrent que, lorsque les plants de sorgho en association avec l'arachide ne sont pas attractifs pour ces insectes (suite à une mauvaise croissance comme ce fut effectivement le cas à Farako-bâ) les populations dans les parcelles d'association sont presque similaires à celles des parcelles d'arachide en culture pure.

Les coléoptères phytophages. Les populations des coléoptères phytophages ont été plus élevées dans les parcelles d'association que dans celles de l'arachide non associée à Gampéla. A Farako-bâ, c'est l'effet inverse qui a été observée (Tableau 10 et 11). L'explication plausible de cet état de faits est liée à la famille dominante dans chaque localité. En effet, tandis qu'à Gampéla les chrysomelidés (Halticinae et Galerucinae), insectes très polyphages, ont constitué l'essentiel des coléoptères phytophages collectés, à Farako-bâ les curculionidés étaient les principaux coléoptères ravageurs inféodés à l'arachide.

Les orthoptères. Les densités des populations d'orthoptères n'ont pas été significativement affectées par l'association de cultures à Gampéla (Tableau 11). Par contre les populations de ces ravageurs étaient relativement plus élevées dans les parcelles d'arachide non associée que dans les parcelles associées. Ce résultat s'explique probablement par la nature polyphage de ces nuisibles. En effet, étant aussi ravageurs des céréales, il est vraisemblable que les populations des orthoptères aient été réparties entre les deux cultures associées (phénomène de dilution des populations).

Les dégâts des insectes broyeur sur l'arachide n'ont été significativement affectés par l'association avec le sorgho ou le mil qu'à partir du 33^e et du 40^e jours après semis à Farako-bâ et à Gampéla, respectivement (Tableau 10; Figure 4). Ces 2 dates correspondent généralement aux périodes de floraison et de différenciation des gynophores et/ou des gousses de l'arachide. Dicko (1990) a montré que les taux de défoliation compris entre 50 et 100%, se produisant au cours de ces périodes précises du développement de l'arachide, étaient susceptibles de retarder significativement la floraison, et partant, le remplissage des gousses de l'arachide.

L'effet de l'association de cultures sur les fluctuations des populations cumulées des insectes phytophages est illustré dans la figure 5. Généralement, les populations des nuisibles ont augmenté à un rythme plus élevé dans les parcelles pures que dans les parcelles associées. De même, les populations ont atteint les densités les plus élevées une semaine en avance dans les parcelles non associées que dans celles qui l'étaient, soit respectivement le 54^e et le 61^e jours après semis. Comme l'indiquent le tableau 10 et la figure 5, il y a une certaine corrélation entre la LAI des parcelles et l'évolution des infestations des insectes nuisibles.

Les résultats des analyses statistiques sur l'impact de l'association avec le sorgho ou le mil sur les densités des populations cumulées des ravageurs sont résumés dans le tableau 13. Au cours de la plupart des dates d'échantillonnage, il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements. Néanmoins, les populations des ravageurs étaient généralement plus élevées dans les parcelles de culture pure d'arachide que dans les parcelles d'arachide associée aux céréales.

L'association de cultures a eu peu d'effet sur l'intensité des dégâts des arthropodes terricoles sur les gousses. En effet, aussi bien à Gampéla qu'à Farako-bâ, les pourcentages des gousses endommagées par mètre de ligne de culture dans les parcelles associées n'étaient pas significativement différents de ceux observés dans les parcelles d'arachide non associée (Tableau 14).

Les insectes utiles

Les coléoptères prédateurs. Quatre familles de coléoptères prédateurs, dont les Carabidés, les Cicindelidés, Les Coccinelidés, et les Staphilinidés, ont été collectées dans les parcelles pures ou en association avec le sorgho ou le mil. La figure 6 illustre les fluctuations des populations de ces prédateurs sous l'effet de l'association de cultures. Généralement, les populations ont fluctué moins et atteint des densités moins élevées dans les parcelles non associées que dans les parcelles associées. A partir de la 3^e date d'échantillonnage, les populations de coléoptères prédateurs étaient significativement plus importantes dans les parcelles en association que dans les parcelles de culture pure d'arachide (Tableau 15).

Les hémiptères prédateurs. Ce groupe a été essentiellement composé de 3 familles dont les Réduviidés, les Anthocoridés, et les Nabidés. Comme l'indique la figure 7, les fluctuations des populations de ces insectes utiles étaient moins accentuées dans les parcelles associées. De même, les densités des populations observées étaient significativement plus réduites dans les parcelles non associées que dans les parcelles en association (Tableau 15).

Les dolichopodidés. A l'instar des populations des coléoptères et des hémiptères utiles, les populations des dolichopodidés étaient significativement plus élevées dans les parcelles associées que non associées (Tableau 15; Figure 8).

Les syrphidés. Contrairement aux autres prédateurs observés, les populations des syrphidés étaient plus élevées dans les parcelles de culture pure que dans les parcelles associées (Tableau 15; Figure 9).

Il ressort donc des observations ci-dessus mentionnées que l'association de cultures favorise le développement des populations de la plupart des insectes prédateurs. Ces observations supportent ainsi l'hypothèse proposée par Root (1973), selon laquelle les ennemis naturels seraient plus abondants dans les parcelles associées que dans les parcelles de culture pure.

Les parasitoïdes

L'effet de l'association de cultures sur les densités des populations des parasitoïdes est illustré dans les figures 10 à 12 et résumé dans le tableau 16. Les familles de Ichneumonidés, des Braconidés, et la super-famille des Chalcidoïdés ont constitué les principaux groupes d'insectes parasitoïdes collectés en nombres suffisamment élevés dans les différents traitements pour faire objet d'analyses statistiques.

Les fluctuations des populations des ichneumonidés étaient moins marquées dans la culture pure que dans les cultures associées. De même, durant toute la période d'échantillonnage, les densités des populations de ces hyménoptères dans les parcelles de culture pure sont restées constamment inférieures à celles observées dans les parcelles d'association (Figure 10). En effet, le tableau 17 montre qu'à partir de la 3^e date d'échantillonnage, les populations des ichneumonidés étaient collectées à des fréquences significativement plus élevées dans les parcelles d'arachide associée au sorgho ou au mil que dans les parcelles de culture pure d'arachide. La figure 10 et le tableau 16 montrent également que l'association de l'arachide avec le sorgho contribue plus à la concentration des populations des ichneumonidés sur l'arachide que lorsque celle-ci est associée avec le mil.

Echelle: 1/50 000

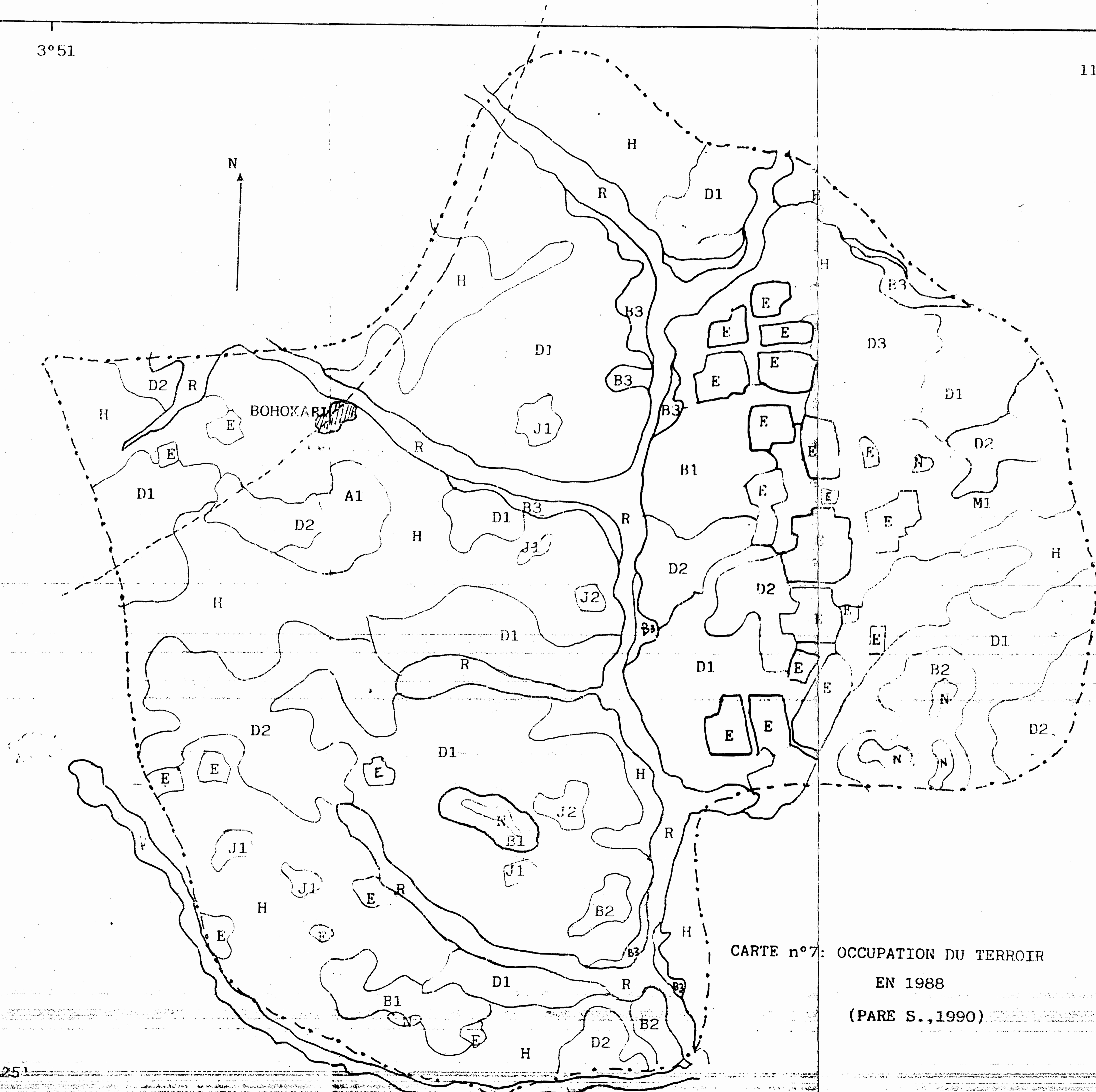
3°51

11°48

LEGENDE

- H Savane herbeuse
- D1 Savane arbustive claire
- D2 Savane arbustive peu dense
- D3 Savane arbustive dense
- B1 Savane arborée claire
- B2 Savane arborée peu dense
- B3 Savane arborée dense
- A1 Savane boisée claire
- M1 Savane mixte claire
- M2 Savane mixte peu dense
- J1 Jachère récente
- J2 Jachère relativement âgée
- N Sols stériles
- R Cordon ripicole
- E Exploitations

Sources: Image SPOT Scène 50-327
du 22/10/1988



CARTE n°7: OCCUPATION DU TERROIR
EN 1988
(PARE S., 1990)

11°25'

3°45'

Les fluctuations des populations des braconidés et des chalcidoidés sont indiquées dans les figures 11 et 12, respectivement. Pour ces 2 types de parasitoïdes les pics de populations ont été observés vers le 47^e jour après semis dans les différents traitements. A l'exception de 1 ou de 2 dates d'échantillonnage, les densités de populations des braconidés et des chalcidoidés collectées sur la culture pure d'arachide étaient inférieures à celles obtenues sur l'arachide associée au mil qui étaient aussi inférieures aux densités prélevées sur l'arachide en association avec le sorgho. Ainsi donc, le sorgho a été également une source importante de parasitoïdes.

L'ensemble des résultats obtenus à partir des échantillonnages des populations des prédateurs et des parasitoïdes, discutés ci-dessus, et l'effet de l'association de cultures sur les populations cumulées des ennemis naturels (Figure 13) vérifient l'hypothèse de Root (1973) selon laquelle les populations des insectes utiles se rencontrent en nombres comparativement plus élevés dans les agro-écosystèmes mixtes que dans les systèmes agricoles non diversifiés.

L'effet de l'association de cultures sur le cumul des populations de tous les insectes inventoriés (ravageurs, prédateurs et ennemis naturels) est synthétisé dans la figure 14 et dans le tableau 13. La figure 14 montre que l'évolution quantitative du cumul a suivi, dans les 3 traitements, pratiquement le même type de courbes de populations. Les analyses statistiques des densités des populations indiquent clairement que les biomasses des insectes dans les parcelles d'association étaient supérieures à celles des parcelles d'arachide non associées, au cours de la plupart des dates d'échantillonnage (Tableau 13). Bien que les populations de certains insectes ravageurs aient été plus élevées dans les parcelles d'association, il apparaît que c'est surtout la différence dans les densités de populations des insectes utiles qui a été la cause principale de la supériorité de la biomasse totale des insectes dans les systèmes associés.

Accumulation de matière sèche. Les effets de l'association de l'arachide avec le sorgho ou le mil sur l'indice foliaire et l'accumulation de la matière sèche sont indiqués dans les tableaux 9 et 17 et dans la figure 2. L'indice foliaire de l'arachide a été en général significativement réduit par l'association avec les 2 céréales. Comme l'indiquent la figure 2 et le tableau 9, le mil a eu un effet plus négatif sur le développement végétatif de l'arachide que le sorgho. Le même effet des 2 céréales, en général, et le mil en particulier, sur l'accumulation de la matière sèche de l'arachide a été également constaté (Tableau 17). Le retard de croissance accusé par les plants d'arachide dans les parcelles d'association a été sans doute provoqué par un effet d'ombrage exercé par les céréales. Cela est d'autant plus probable que ce retard a été plus marqué à partir du 33^e jour après semis, c'est à dire la période de temps au cours de laquelle les céréales avaient atteint une taille plus grande et/ou un tallage plus marqué.

Rendements en gousses de l'arachide. Les rendements en gousses des plants d'arachide en association avec le sorgho ou le mil ont été visuellement et significativement inférieurs à ceux des plants d'arachide des parcelles de culture pure (Figure 15; Tableau 18). Cette constatation a été vraie aussi bien à Gampéla qu'à Farako-bâ. Bien que les dégâts de tous les insectes ravageurs aient été significativement plus importants dans les parcelles d'arachide non associées, et partant, que cette différence ait contribué à la réduction des rendements dans les parcelles de ce type, il est probable que les rendements aient été affectés surtout par la compétition inter-spécifique entre les cultures associées.

Il convient de noter, cependant, que l'intérêt de l'association de culture ne doit pas être jugé

seulement à partir du rendement d'une seule culture, mais il doit l'être sur la base de la production végétale totale dans les parcelles associées. Sur de telles bases, nous avons constaté des avantages nets de l'association de l'arachide avec les céréales par rapport à la culture pure de la légumineuse, dont des accroissements de rendements totaux de 9% (LER = 1,09) et de 13% (LER = 1,13) pour le sorgho à Gampéla et Farako-bâ, respectivement. L'association avec le mil a engendré un avantage sur le rendement de 36% (LER = 1,36) à Gampéla. Reddy et Willey (1981) ont aussi observé une augmentation de rendements de 26% lorsque l'arachide a été associée au mil.

Conclusions

Au terme de cette étude il ressort que l'association avec le sorgho ou le mil a réduit significativement les densités de populations de certains ravageurs, tels que *E. dolichus*, les curculionidés et dans une certaine mesure les thrips, sur l'arachide. Toutefois, si les populations de certains nuisibles comme les aphides et les orthoptères ne sont pas affectées, il est également apparu au cours de cette étude que les populations de certains autres ravageurs ont été favorisées par l'association de l'arachide avec les deux céréales. L'association avec le sorgho a particulièrement favorisé les populations des hémiptères phytophages sur l'arachide. Une constatation de grande importance a été aussi que l'association de culture a réduit les intensités des dégâts des principaux insectes piqueur-suceurs et des insectes broyeur sur l'arachide.

Il a été également observé au cours de cette étude que, mis à part les populations des syrphidés, celles de tous les autres insectes prédateurs et celles des parasitoïdes ont été nettement plus importantes dans les systèmes de cultures associées que dans la culture pure d'arachide. L'association sorgho-arachide s'est montrée beaucoup plus favorable au développement des populations des parasitoïdes que l'association mil-arachide.

L'association de l'arachide avec le sorgho ou le mil a affecté de manière négative le développement végétatif de la légumineuse. L'association avec le mil a été de ce point de vue-là celle qui a le plus affecté le développement de l'arachide.

Il est enfin ressorti que l'association de l'arachide avec les 2 céréales a eu pour effet de réduire significativement les rendements en gousses de la légumineuse. L'importance des dommages subis par les plants d'arachide dans la culture a été ainsi masquée par l'effet de l'ombrage par les plants des céréales et de la compétition inter-spécifique entre la légumineuse et les céréales dans les systèmes d'association de cultures. Toute fois, il a été noté des avantages nets de rendements globaux des associations sorgho-arachide et mil-arachide sur la culture pure de l'arachide.



Tableau 5. Échelle d'estimation visuelle de la sévérité des infestations par les aphides (Jackai et Singh, 1988)

Note	Nombre d'aphides	Apparence
0	0	pas d'infestation
1	1-4	quelques individus d'aphides
3	5-20	quelques colonies isolées
5	21-100	plusieurs petites colonies
7	101-500	grandes colonies isolées
9	>500	grandes colonies continues

Tableau 6. Échelle d'estimation visuelle des dégâts des jassides (Jackai et Singh, 1988)

Note	Apparence
1	pas de dommages
3	léger jaunissement de la nervure médiane, pas de nécrose
5	jaunissement prononcé de la nervure médiane et des nervures latérales, jaunissement s'étendant entre les nervures. Ces symptômes peuvent être associés ou pas à une légère nécrose
7	sévère jaunissement des feuilles suivi d'un dessèchement de l'apex et des nervures des feuilles
9	sévère défoliation suivie d'un dessèchement entraînant la mort de la plante

Tableau 7. Densités moyennes de populations de thrips dans les bourgeons et les fleurs de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations de thrips					
		10 bourgeons			10 fleurs		
		immatures	adultes	Total	immatures	adultes	Total
Arachide	19	0,25 a [*]	0,08 a	0,33 b	-	-	-
Arachide-Sorgho	19	2,83 a	0,92 a	3,75 a	-	-	-
Arachide-Mil	19	0,00 a	1,00 a	1,00 ab	-	-	-
Arachide	26	1,08 a	0,75 a	1,83 a	12,75 a	3,25 a	16,00 a
Arachide-Sorgho	26	0,75 a	0,33 ab	1,08 a	7,33 b	4,08 a	11,42 ab
Arachide-Mil	26	0,58 a	0,00 b	0,58 a	4,83 b	2,92 a	7,75 b
Arachide	33	6,08 a	0,25 a	6,33 a	20,92 a	3,50 a	24,42 a
Arachide-Sorgho	33	3,00 a	0,42 a	3,42 a	7,42 b	1,42 b	8,83 b
Arachide-Mil	33	4,67 a	0,33 a	5,00 a	3,87 b	1,17 b	4,83 b
Arachide	40	4,00 a	1,75 a	5,75 a	26,08 a	2,42 a	28,50 a
Arachide-Sorgho	40	4,83 a	1,25 a	6,08 a	17,17 b	2,92 a	20,08 b
Arachide-Mil	40	4,67 a	1,42 a	6,08 a	21,42 ab	4,75 a	26,17 ab
Arachide	47	6,17 a	1,17 a	7,33 a	29,67 a	16,33 a	46,00 a
Arachide-Sorgho	47	4,17 a	1,25 a	5,42 a	20,92 b	9,08 b	30,00 b
Arachide-Mil	47	3,58 a	1,92 a	5,50 a	23,25 b	5,08 c	28,33 b
Arachide	54	13,92 ab	3,67 a	17,58 b	-	-	-
Arachide-Sorgho	54	12,50 b	1,83 b	14,33 b	-	-	-
Arachide-Mil	54	17,17 a	3,83 a	21,00 a	-	-	-
Arachide	61	7,42 b	1,58 a	9,00 a	-	-	-
Arachide-Sorgho	61	9,67 a	1,50 a	11,17 a	-	-	-
Arachide-Mil	61	3,17 c	1,75 a	4,92 b	-	-	-
Arachide	68	9,00 a	2,50 a	11,50 a	-	-	-
Arachide-Sorgho	68	10,08 a	3,58 a	13,67 a	-	-	-
Arachide-Mil	68	8,83 a	3,25 a	12,08 a	-	-	-
Arachide	75	1,33 a	0,50 a	1,83 a	-	-	-
Arachide-Sorgho	75	3,17 a	1,08 a	4,25 a	-	-	-
Arachide-Mil	75	1,83 a	0,75 a	2,58 a	-	-	-

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 8. Densités moyennes de populations de thrips et d'aphides dans les bourgeons terminaux et les fleurs de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Farako-bâ, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations			
		10 bourgeons		10 fleurs	
		Thrips	Aphides	Thrips	Aphides
Arachide	19	0,00 a ²	0,00 a	-	-
Arachide-Sorgho	19	0,08 a	0,08 a	-	-
Arachide	26	0,92 a	1,58 a	-	-
Arachide-Sorgho	26	1,25 a	4,33 a	-	-
Arachide	33	0,75 a	2,08 a	-	-
Arachide-Sorgho	33	1,08 a	4,92 a	-	-
Arachide	40	0,75 a	5,67 a	-	-
Arachide-Sorgho	40	0,50 a	10,08 a	-	-
Arachide	47	0,33 a	6,50 a	5,25 a	4,17 a
Arachide-Sorgho	47	0,08 a	2,75 a	7,25 a	1,17 a
Arachide	54	3,33 a	0,42 a	12,17 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	54	1,75 a	0,58 a	13,00 a	0,00 a
Arachide	61	2,08 a	0,17 a	10,50 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	61	1,50 a	0,17 a	11,33 a	0,00 a
Arachide	68	0,58 a	0,08 a	22,92 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	68	0,33 a	0,17 a	20,75 a	0,17 a
Arachide	75	0,67 a	0,00 a	16,92 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	75	0,83 a	0,00 a	23,17 a	0,00 a

¹ Nombre de jours après semis

² Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 10. Dégâts moyens des thrips, des jassides, des broyeurs et des aphides sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.

Dégâts moyens pour 1 mètre de ligne de culture								
Culture	n.JAS ¹	Thrips ²		Jassides		Broyeurs ²		Aphides ³
		Gampela	Farako-bâ	Gampela	Farako-bâ	Gampela	Farako-bâ	Farako-bâ
Culture pure	19	0,00 a*	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,33 a	9,20 a	13,30 a
Association avec le Sorgho	19	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 a	5,00 a	8,30 a
Association avec le Mil	19	0,00 a	-	0,00 a	-	4,17 a	-	-
Culture pure	26	0,83 a	2,00 a	0,00 a	0,33 a	2,50 a	5,00 a	20,00 a
Association avec le Sorgho	26	2,50 a	2,50 a	0,00 a	0,00 b	1,67 a	3,30 a	7,50 a
Association avec le Mil	26	4,17 a	-	0,00 a	-	5,50 a	-	-
Culture pure	33	20,00 a	22,50 a	4,17 a	4,00 a	2,50 a	15,00 a	64,20 a
Association avec le Sorgho	33	11,67 b	12,50 b	1,42 b	1,33 b	1,67 a	4,20 b	17,50 b
Association avec le Mil	33	10,83 b	-	1,33 b	-	1,67 a	-	-
Culture pure	40	64,17 a	65,00 a	4,17 a	4,00 a	25,00 a	24,20 a	58,30 a
Association avec le Sorgho	40	31,67 b	32,50 b	1,08 b	1,00 b	13,33 b	12,50 b	17,50 b
Association avec le Mil	40	19,17 c	-	1,67 b	-	12,50 b	-	-
Culture pure	47	65,83 a	67,50 a	5,00 a	4,67 a	10,00 b	24,80 a	82,90 a
Association avec le Sorgho	47	35,83 c	36,50 b	1,75 b	1,67 b	10,33 ab	16,10 b	7,50 b
Association avec le Mil	47	54,17 b	-	1,67 b	-	14,17 a	-	-

¹ Nombre de jours après semis

² Pourcentage de feuilles endommagées

³ Pourcentage de plants infestés

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 11. Densités moyennes d'insectes phytophages sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations				
		<i>A. doIiohi</i>	Autres Jassidae	Hémiptères	Coléoptères	Orthoptères
Arachide	26	4,08 a*	2,33 a	0,17 a	0,00 b	0,13 a
Arachide-Sorgho	26	2,83 b	1,17 a	0,00 a	0,83 a	0,00 a
Arachide-Mil	26	3,00 b	1,33 a	0,00 a	0,25 ab	0,13 a
Arachide	33	4,67 a	3,83 a	0,58 a	1,17 b	0,50 a
Arachide-Sorgho	33	2,83 b	1,08 b	1,50 a	3,83 a	0,75 a
Arachide-Mil	33	3,00 b	1,83 b	0,92 a	2,50 a	0,31 a
Arachide	40	5,75 a	5,08 a	1,00 a	3,17 b	1,56 a
Arachide-Sorgho	40	3,83 b	2,00 b	1,75 a	4,67 a	1,56 a
Arachide-Mil	40	3,75 ab	2,67 b	1,58 a	3,83 ab	1,69 a
Arachide	47	5,92 a	4,75 a	2,00 a	3,92 a	1,56 a
Arachide-Sorgho	47	2,92 b	1,92 b	3,25 a	4,75 a	1,13 b
Arachide-Mil	47	3,58 b	2,58 b	2,75 a	3,92 a	1,38 ab
Arachide	54	7,58 a	4,58 a	2,00 a	4,08 b	2,44 a
Arachide-Sorgho	54	3,33 b	2,67 a	2,75 a	6,50 a	1,31 a
Arachide-Mil	54	3,58 b	3,08 a	2,08 a	4,75 a	1,56 a
Arachide	61	6,83 a	4,83 a	1,50 c	3,17 b	2,19 a
Arachide-Sorgho	61	4,33 b	2,58 a	4,75 a	7,17 a	1,3 b
Arachide-Mil	61	4,17 b	3,08 a	2,92 b	5,58 a	1,50 ab
Arachide	68	3,83 a	2,92 a	2,08 ab	1,92 b	2,25 a
Arachide-Sorgho	68	2,75 a	1,92 a	2,92 a	6,50 a	1,31 a
Arachide-Mil	68	4,42 a	2,42 a	1,17 b	5,23 a	1,33 a
Arachide	75	2,75 a	3,08 a	2,00 a	1,08 c	1,39 a
Arachide-Sorgho	75	3,00 a	1,67 a	2,67 a	9,67 a	1,19 a
Arachide-Mil	75	2,33 a	2,33 a	2,58 a	3,25 b	1,31 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

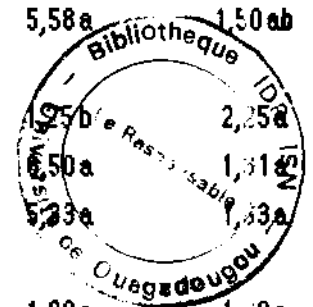


Tableau 12. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur l'arachide en cultures pures et en association avec le sorgho, Farako-bâ, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations		
		Homoptères	Hémiptères	Coléoptères
Arachide	26	1,75 a [*]	0,00 a	1,58 a
Arachide-Sorgho	26	1,67 a	0,00 a	0,25 b
Arachide	33	0,83 a	1,92 b	2,33 a
Arachide-Sorgho	33	1,33 a	0,58 a	0,92 b
Arachide	40	1,83 a	1,75 a	3,92 a
Arachide-Sorgho	40	2,58 a	1,25 a	1,00 b
Arachide	47	2,00 a	1,75 a	4,17 a
Arachide-Sorgho	47	3,75 a	1,00 a	0,75 b
Arachide	54	7,83 a	1,25 a	4,50 a
Arachide-Sorgho	54	6,33 a	1,42 a	1,67 b
Arachide	61	13,08 a	1,67 a	4,08 a
Arachide-Sorgho	61	10,00 a	1,75 a	2,83 b
Arachide	68	16,83 a	2,08 a	4,58 a
Arachide-Sorgho	68	10,30 b	1,42 a	1,83 b
Arachide	75	33,08 a	1,92 a	4,08 a
Arachide-Sorgho	75	9,42 b	1,25 a	1,17 b

¹Nombre de jours après semis

²Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 13. Densités moyennes de populations des insectes ravageurs (Ravageurs), des insectes utiles (Utiles) et tous les insectes (Total) sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations		
		Ravageurs	Utiles	Total
Culture pure	26	7,50 a [*]	3,33 b	11,00 a
Association avec le Sorgho	26	4,17 b	5,92 a	10,09 a
Association avec le Mil	26	4,50 b	1,83 b	6,33 b
Culture pure	33	13,08 a	6,50 b	19,58 b
Association avec le Sorgho	33	12,42 a	11,92 a	24,33 a
Association avec le Mil	33	11,42 a	8,50 b	19,92 b
Culture pure	40	20,42 a	7,75 b	28,17 b
Association avec le Sorgho	40	18,17 a	17,67 a	35,83 a
Association avec le Mil	40	17,75 a	14,33 a	32,08 a
Culture pure	47	23,17 a	15,42 b	38,59 b
Association avec le Sorgho	47	19,33 ab	24,75 a	44,08 a
Association avec le Mil	47	17,75 b	20,83 a	38,58 b
Culture pure	54	23,92 a	13,42 b	37,33 b
Association avec le Sorgho	54	22,00 ab	23,75 a	45,75 a
Association avec le Mil	54	18,50 b	20,75 a	39,25 b
Culture pure	61	21,75 a	7,67 c	29,42 c
Association avec le Sorgho	61	25,00 a	21,08 a	46,08 a
Association avec le Mil	61	21,33 a	16,33 b	37,67 b
Culture pure	68	13,92 b	5,42 b	19,33 c
Association avec le Sorgho	68	20,67 a	20,25 a	40,92 a
Association avec le Mil	68	17,42 ab	15,25 a	32,67 b
Culture pure	75	13,75 b	3,83 b	17,58 c
Association avec le Sorgho	75	23,50 a	18,25 a	41,75 a
Association avec le Mil	75	14,50 b	14,33 a	28,83 b

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 14. Pourcentages moyens de gousses endommagées par les iules et les termites sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Pourcentages moyens de gousses endommagées pour 1 mètre de ligne de culture	
		Gampela	Farako-bâ
Arachide	47	1,80 a*	3,00 a
Arachide-Sorgho	47	1,30 a	1,30 a
Arachide-Mil	47	0,07 a	—
Arachide	54	0,30 a	0,80 a
Arachide-Sorgho	54	0,50 a	0,80 a
Arachide-Mil	54	0,00 a	—
Arachide	61	0,00 a	12,50 a
Arachide-Sorgho	61	1,80 a	1,80 a
Arachide-Mil	61	0,00 a	—
Arachide	68	2,00 a	2,50 a
Arachide-Sorgho	68	2,20 a	2,50 a
Arachide-Mil	68	1,50 a	—
Arachide	75	1,30 a	6,20 a
Arachide-Sorgho	75	7,50 a	4,30 a
Arachide-Mil	75	12,00 a	—
Arachide	82	1,00 a	12,00 a
Arachide-Sorgho	82	0,70 a	1,80 a
Arachide-Mil	82	3,20 a	—
Arachide	89	1,30 a	9,50 a
Arachide-Sorgho	89	7,50 a	7,50 a
Arachide-Mil	89	3,00 a	—

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 15. Densités moyennes de populations d'insectes prédateurs sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations			
		Hémiptère prédateurs	Coléoptères prédateurs	Syrphidae	Dolichopodidae
Arachide	28	0,00 a [*]	0,08 a	2,50 a	0,17 a
Arachide-Sorgho	26	0,58 a	0,58 a	2,92 a	0,42 a
Arachide-Mil	26	0,00 a	0,08 a	1,08 a	0,17 a
Arachide	33	0,25 a	0,42 a	2,83 a	1,00 a
Arachide-Sorgho	33	1,42 b	0,92 a	1,92 a	1,42 a
Arachide-Mil	33	10,67 a	0,58 a	0,67 b	1,17 a
Arachide	40	0,33 b	0,67 b	2,58 a	1,25 b
Arachide-Sorgho	40	1,33 a	2,50 a	1,50 ab	2,50 a
Arachide-Mil	40	1,17 a	1,58 ab	0,67 b	1,92 ab
Arachide	47	0,83 b	1,08 a	4,17 a	1,17 b
Arachide-Sorgho	47	2,67 a	3,50 b	0,58 b	3,17 a
Arachide-Mil	47	2,33 a	1,42 a	1,25 b	2,50 ab
Arachide	54	0,92 b	1,58 b	2,92 a	1,17 b
Arachide-Sorgho	54	3,92 a	3,42 a	0,92 b	3,17 a
Arachide-Mil	54	2,08 a	2,58 a	1,08 b	2,75 a
Arachide	61	0,50 b	1,08 b	2,58 a	
Arachide-Sorgho	61	1,75 a	2,58 a	1,25 a	
Arachide-Mil	61	1,25 ab	2,17 a	1,33 a	
Arachide	68	0,58 b	1,00 b	1,00 a	
Arachide-Sorgho	68	1,92 a	3,08 a	0,83 a	
Arachide-Mil	68	0,92 b	2,33 a	1,00 a	
Arachide	75	0,08 a	1,17 b	0,58 a	0,08 c
Arachide-Sorgho	75	1,67 a	2,75 a	0,75 a	2,08 a
Arachide-Mil	75	0,83 a	2,83 a	0,67 a	1,08 b

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

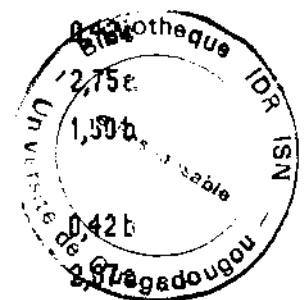


Tableau 16. Densités moyennes de populations d'insectes parasitoïdes sur l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations		
		Ichneumonidae	Braconidae	Chalcidoidea
Arachide	26	0,00 a ³	0,00 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	26	0,08 a	0,33 b	0,00 a
Arachide-Mil	26	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Arachide	33	0,58 a	0,50 a	0,00 a
Arachide-Sorgho	33	1,08 a	1,00 a	0,33 a
Arachide-Mil	33	0,50 a	0,50 a	0,42 a
Arachide	40	0,58 a	0,42 b	0,08 b
Arachide-Sorgho	40	1,58 a	1,58 a	0,83 a
Arachide-Mil	40	1,33 a	0,92 ab	0,63 a
Arachide	47	0,42 b	2,33 a	1,17 a
Arachide-Sorgho	47	1,67 a	2,83 a	2,17 a
Arachide-Mil	47	0,92 ab	2,08 a	2,00 a
Arachide	54	0,42 b	1,75 ab	1,25 a
Arachide-Sorgho	54	1,25 a	2,67 a	2,08 a
Arachide-Mil	54	1,50 a	1,58 b	1,83 a
Arachide	61	0,25 b	0,67 b	0,58 a
Arachide-Sorgho	61	1,25 a	2,17 a	1,50 a
Arachide-Mil	61	1,08 a	1,58 a	1,42 a
Arachide	68	0,00 b	0,42 b	0,17 b
Arachide-Sorgho	68	1,67 a	2,08 a	1,33 a
Arachide-Mil	68	1,50 a	1,75 a	1,08 a
Arachide	75	0,00 b	0,17 b	0,08 b
Arachide-Sorgho	75	1,75 a	1,67 a	0,58 a
Arachide-Mil	75	1,08 a	2,17 a	1,33 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

³ Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 17. Poids moyens de la matière sèche accumulée par les plants d'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Poids moyens de matière sèche en grammes par plant
Culture pure	27	11,33 a*
Association avec le Sorgho	27	4,97 b
Association avec le Mil	27	3,85 b
Culture pure	41	36,62 a
Association avec le Sorgho	41	19,87 b
Association avec le Mil	41	15,38 b
Culture pure	55	55,69 a
Association avec le Sorgho	55	35,17 b
Association avec le Mil	55	29,17 b
Culture pure	69	82,71 a
Association avec le Sorgho	69	45,88 b
Association avec le Mil	69	36,11 b
Culture pure	83	84,26 a
Association avec le Sorgho	83	52,12 b
Association avec le Mil	83	41,34 b

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 18. Rendements moyens de l'arachide en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.

Culture	Rendements moyens en gousses en Kg/ha	
	Gampela	Farako-bâ
Culture pure	1687,50 a*	1668,75 a
Association avec le Sorgho	251,67 b	241,63 b
Association avec le Mil	261,67 b	-

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

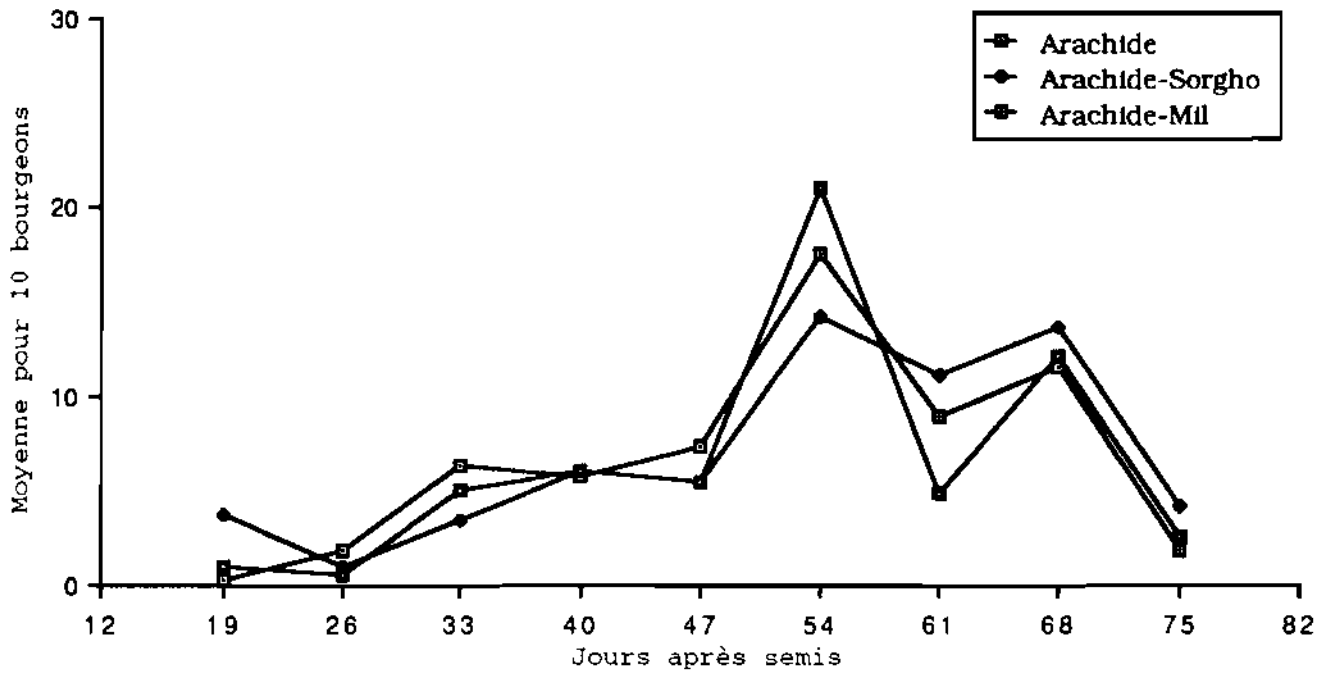


Figure 1. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de thrips dans les bourgeons terminaux de l'arachide, Gampela, 1990

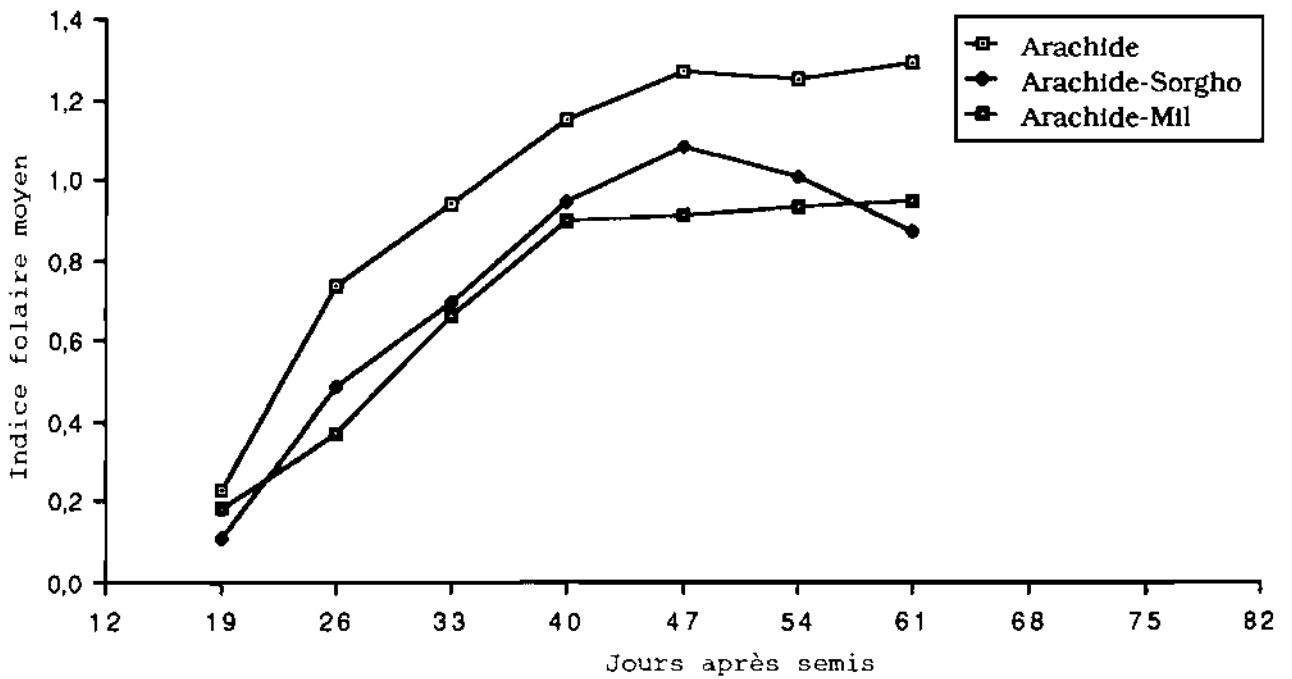


Figure 2. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution de la foliaire de l'arachide, Gampela, 1990

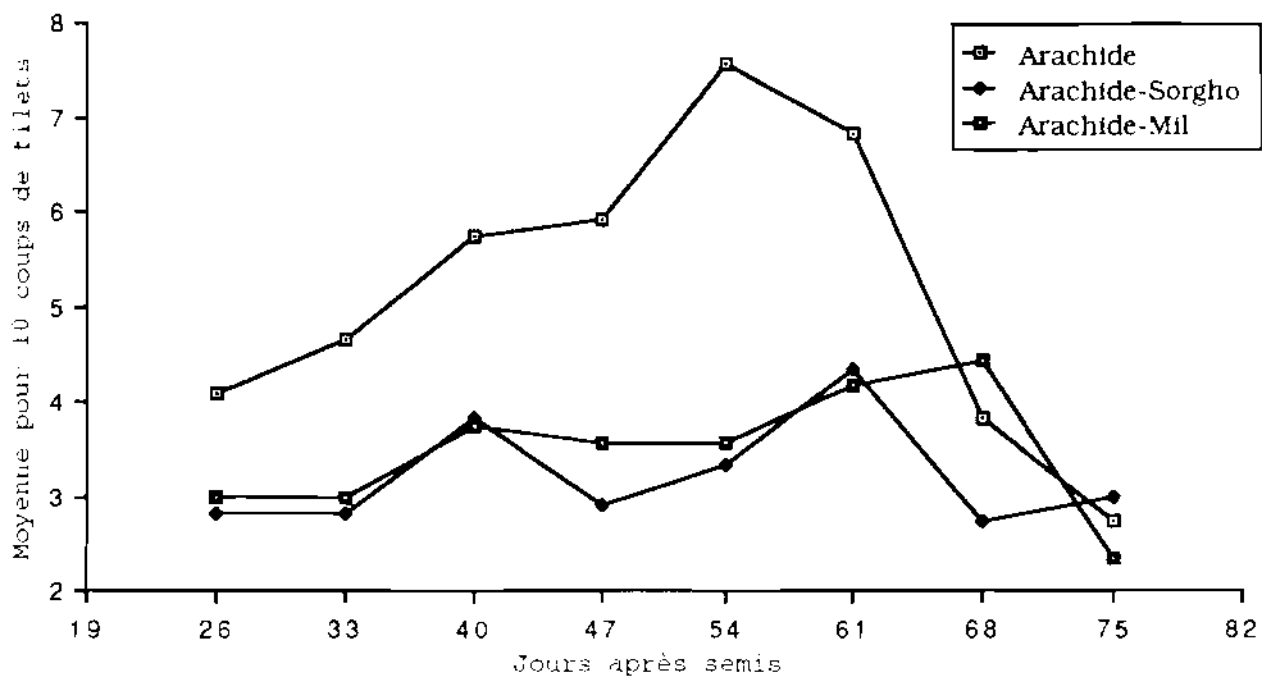


Figure 3. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de *Empoasca dolichii* Paoli sur l'arachide, Gampela, 1990

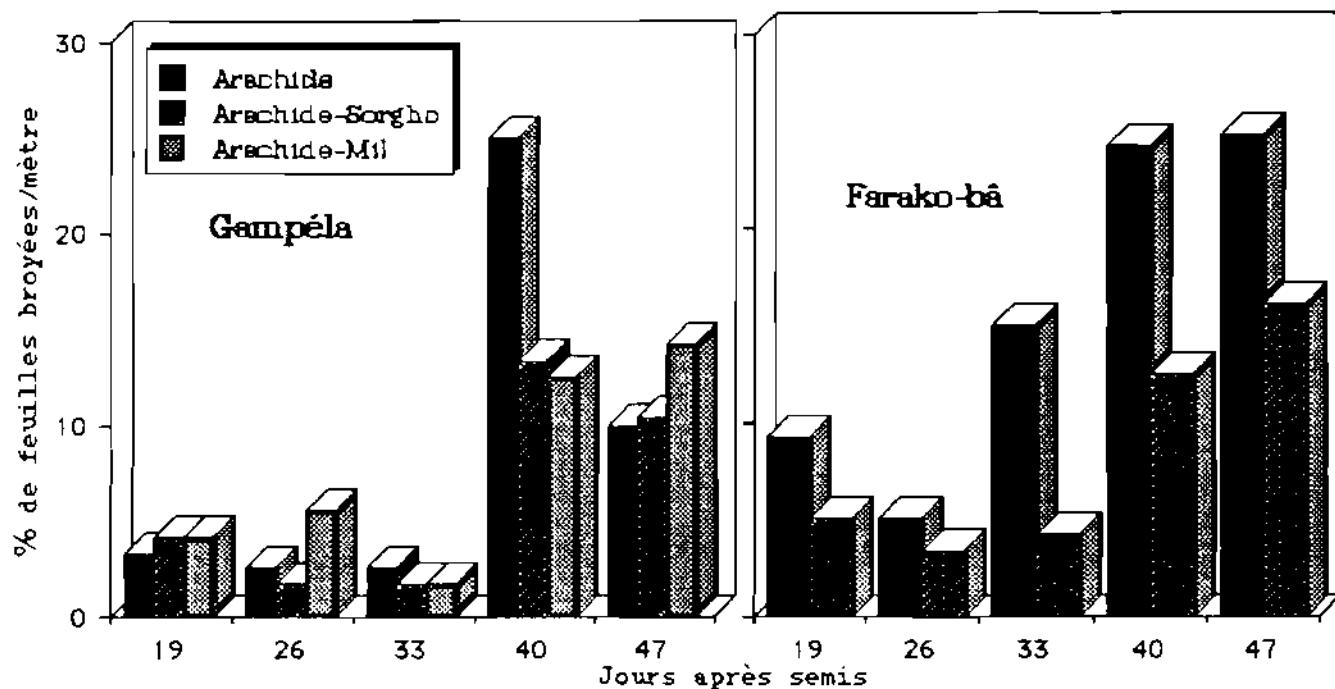


Figure 4. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution des dégâts des broyeurs du feuillage (Coléoptères, Lépidoptères et Orthoptères) sur l'arachides, 1990

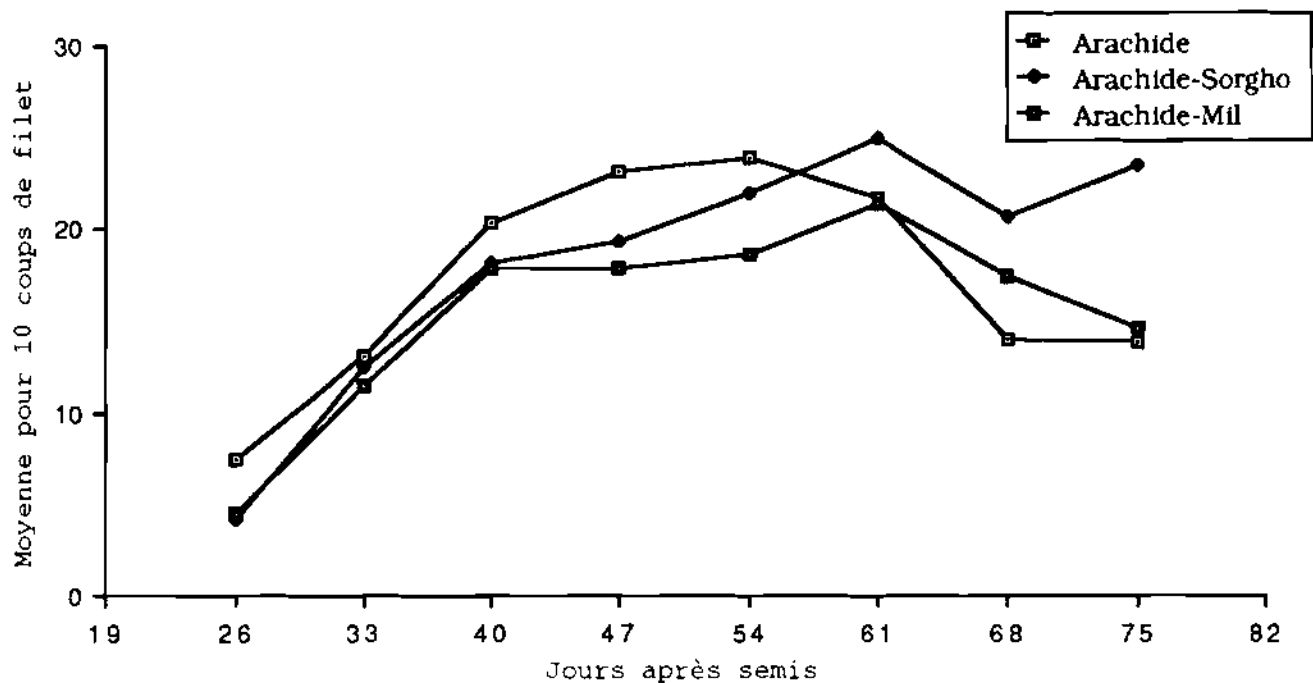


Figure 5. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de tous les insectes ravageurs sur l'arachide, Gampela, 1990

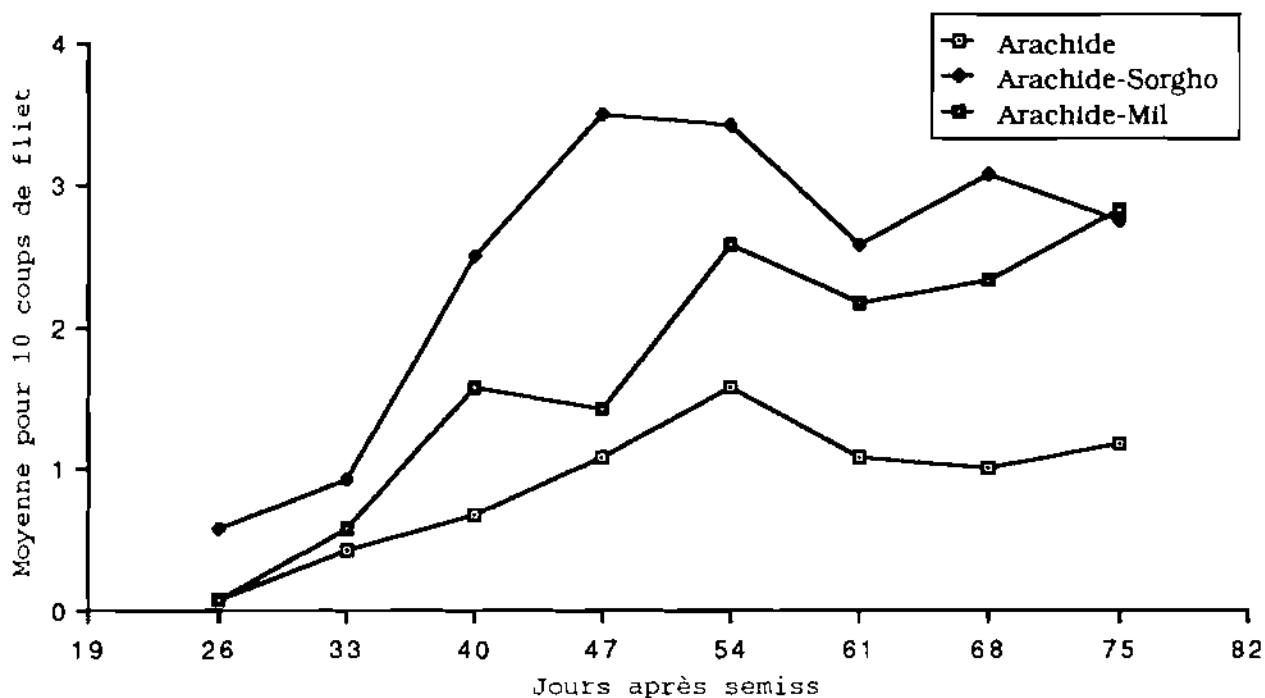


Figure 6. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des coléoptères prédateurs (Carabidés, Cicindelidés, Coccinelidés et Staphilinidés) sur l'arachide, Gampela, 1990

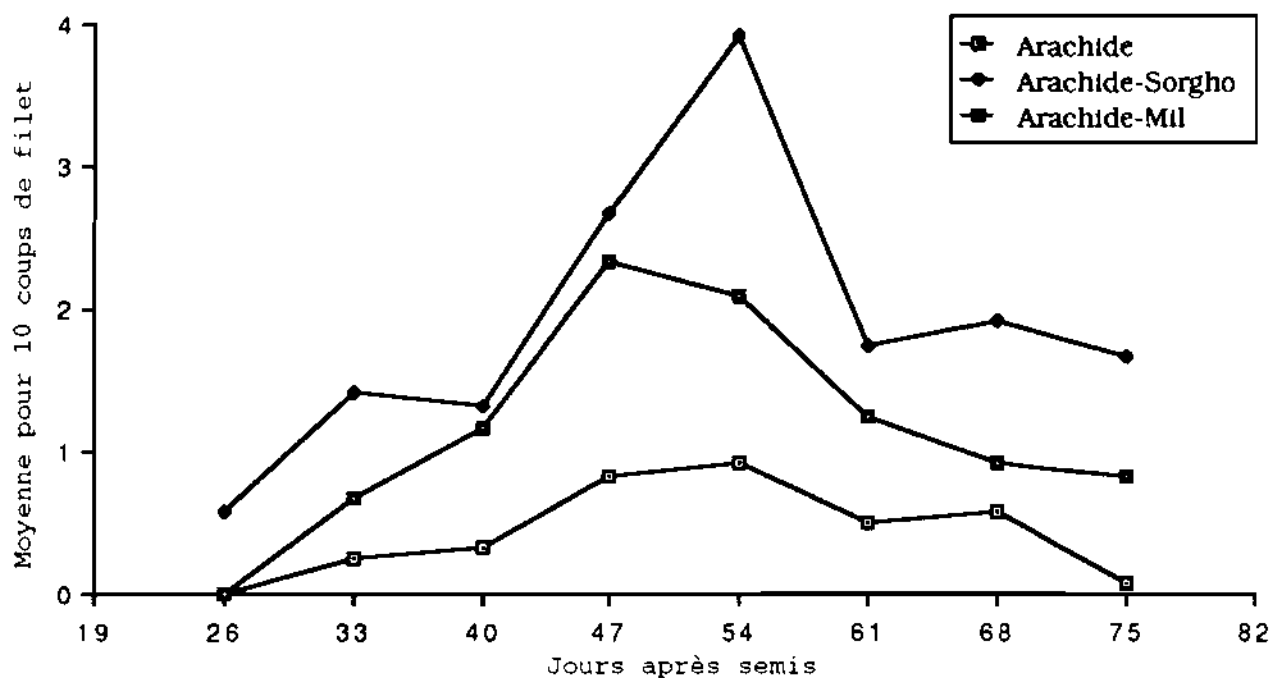


Figure 7. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des hémiptères prédateurs (Reduviidés, Nabidés et Anthocoridés) sur l'arachide, Gampela, 1990

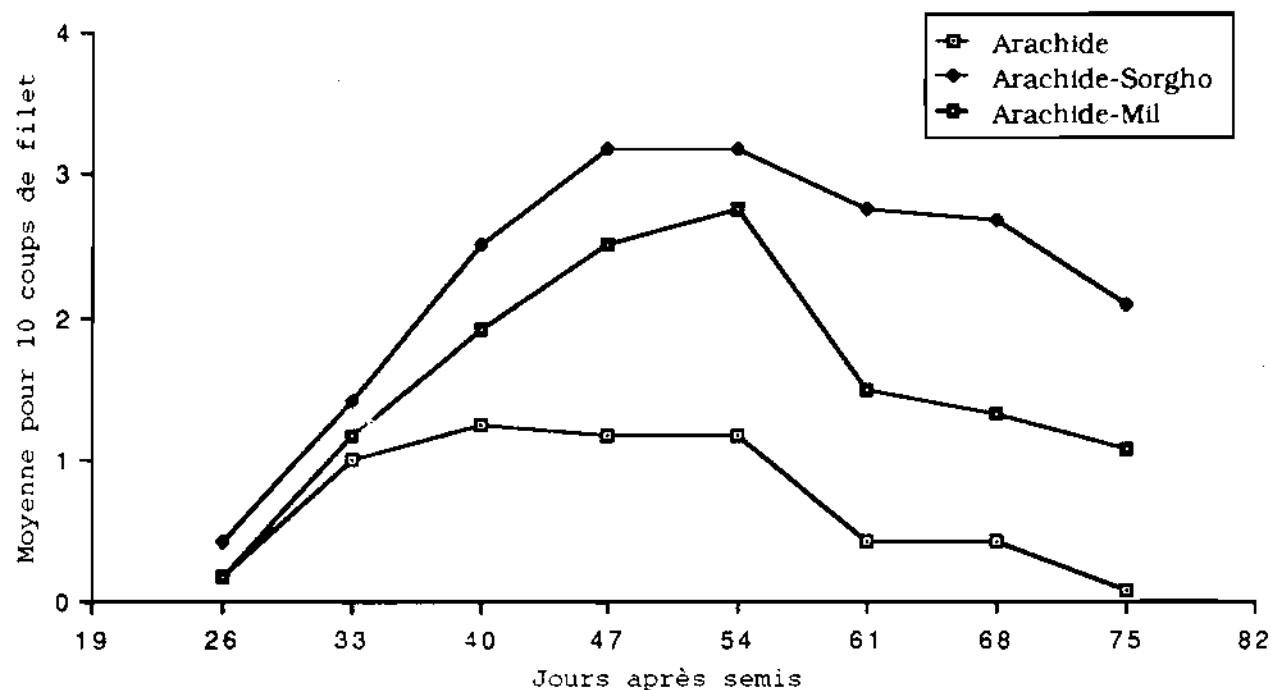


Figure 8. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Dolichopodidés (Diptera) sur l'arachide, Gampela, 1990

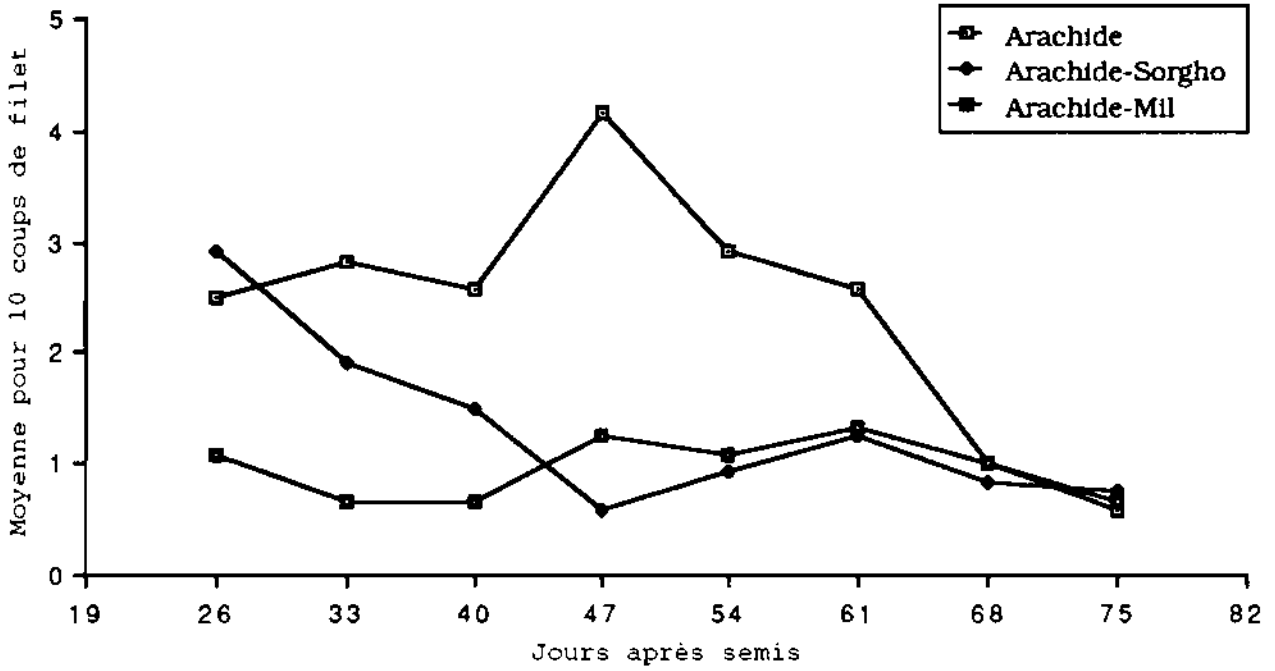


Figure 9. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Syrphidés (Diptera) sur l'arachide, Gampela, 1990

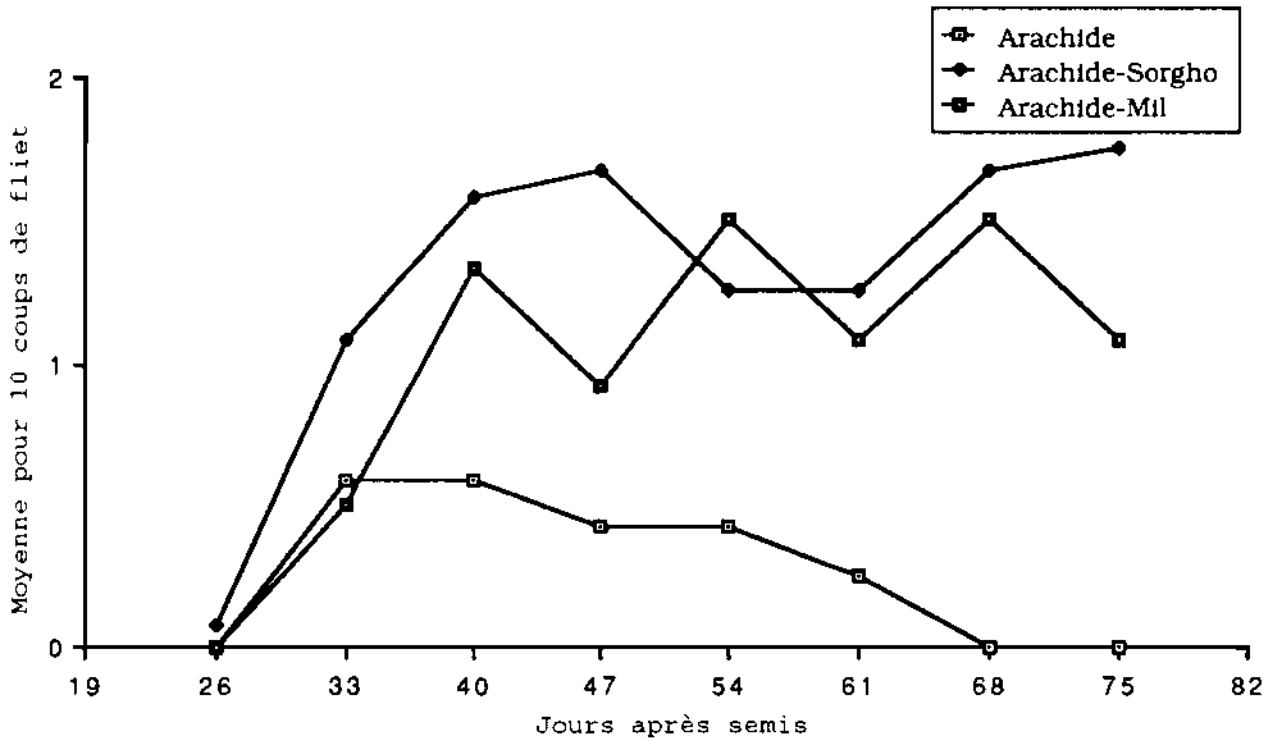


Figure 10. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations d'Ichneumonidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990

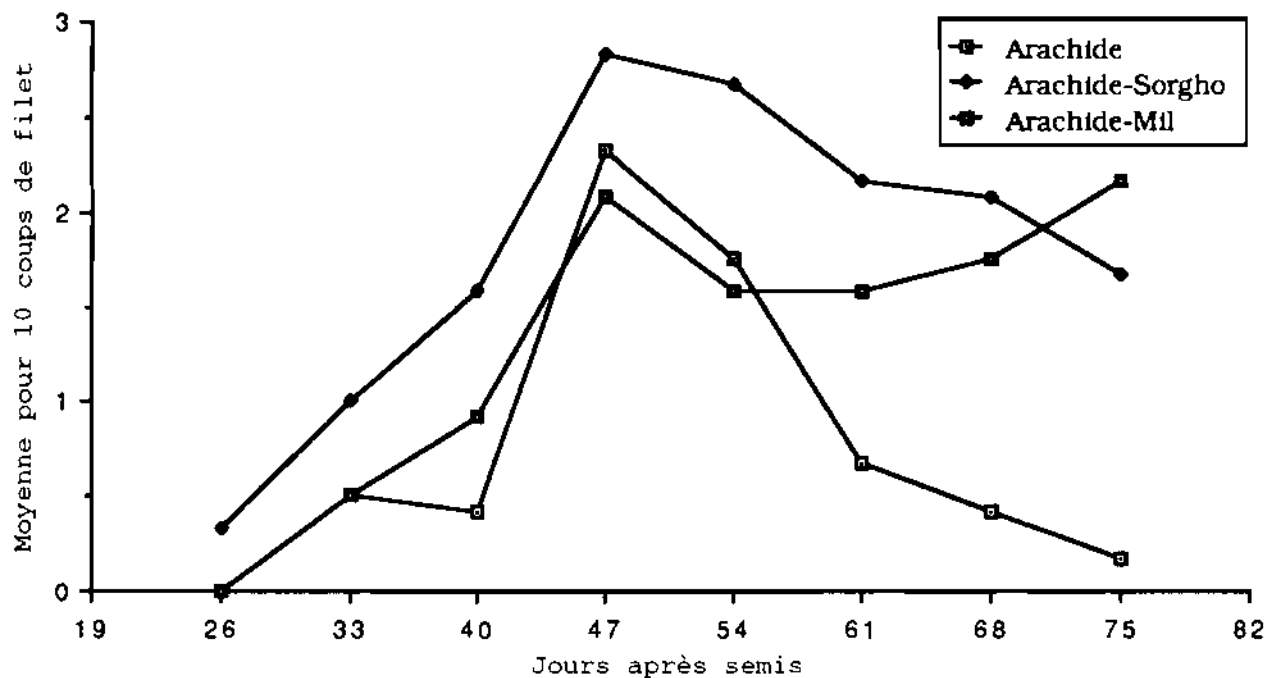


Figure 11. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Braconidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990

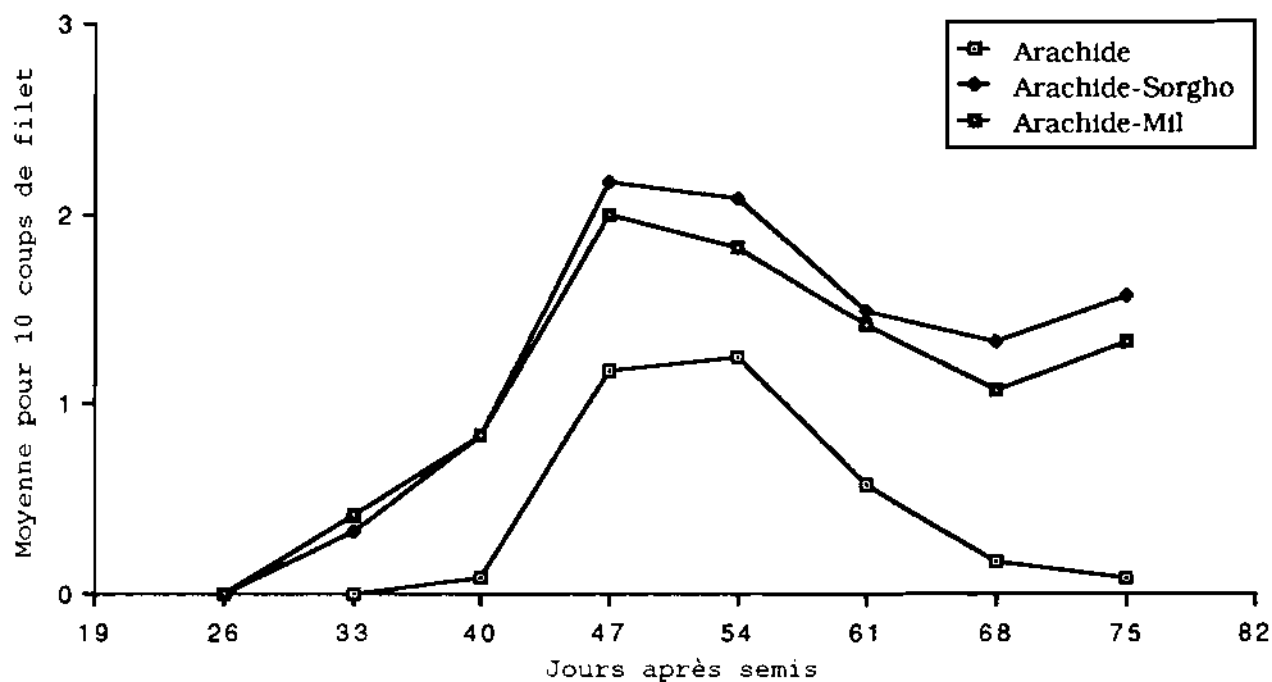


Figure 12. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de Chalcidoidés (Hymenoptera) sur l'arachide, Gampela, 1990

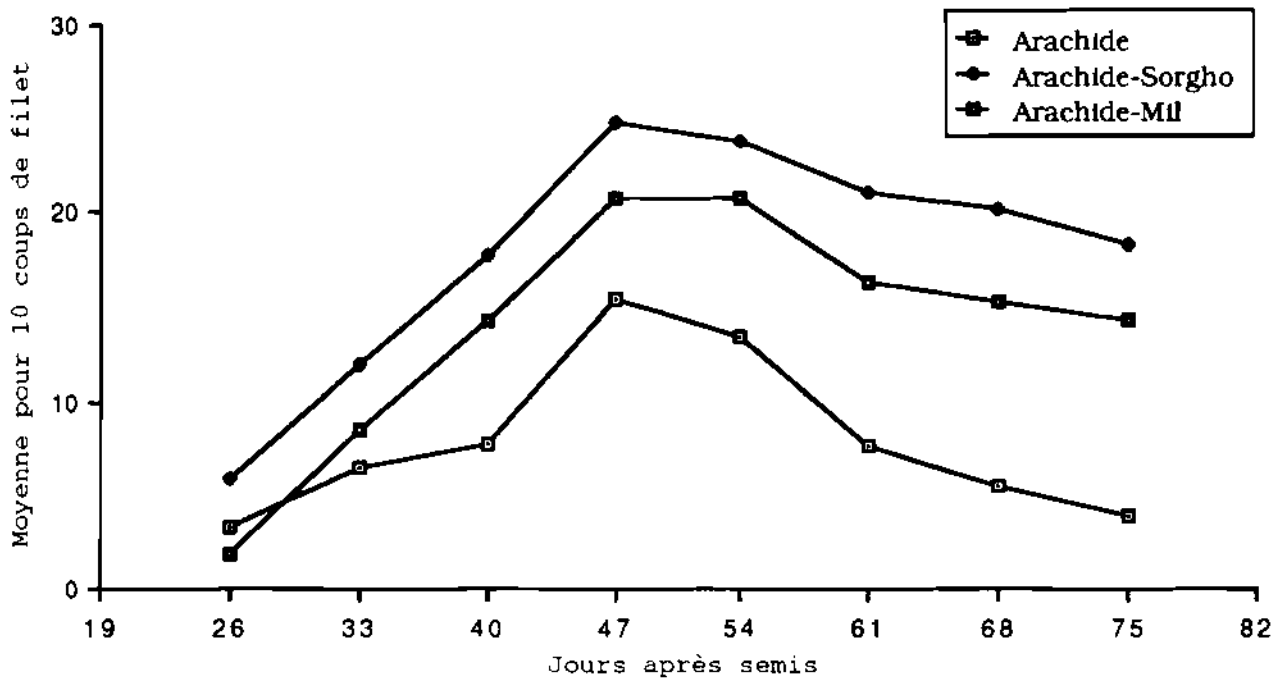


Figure 13. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations d'insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur l'arachide, Gampela, 1990

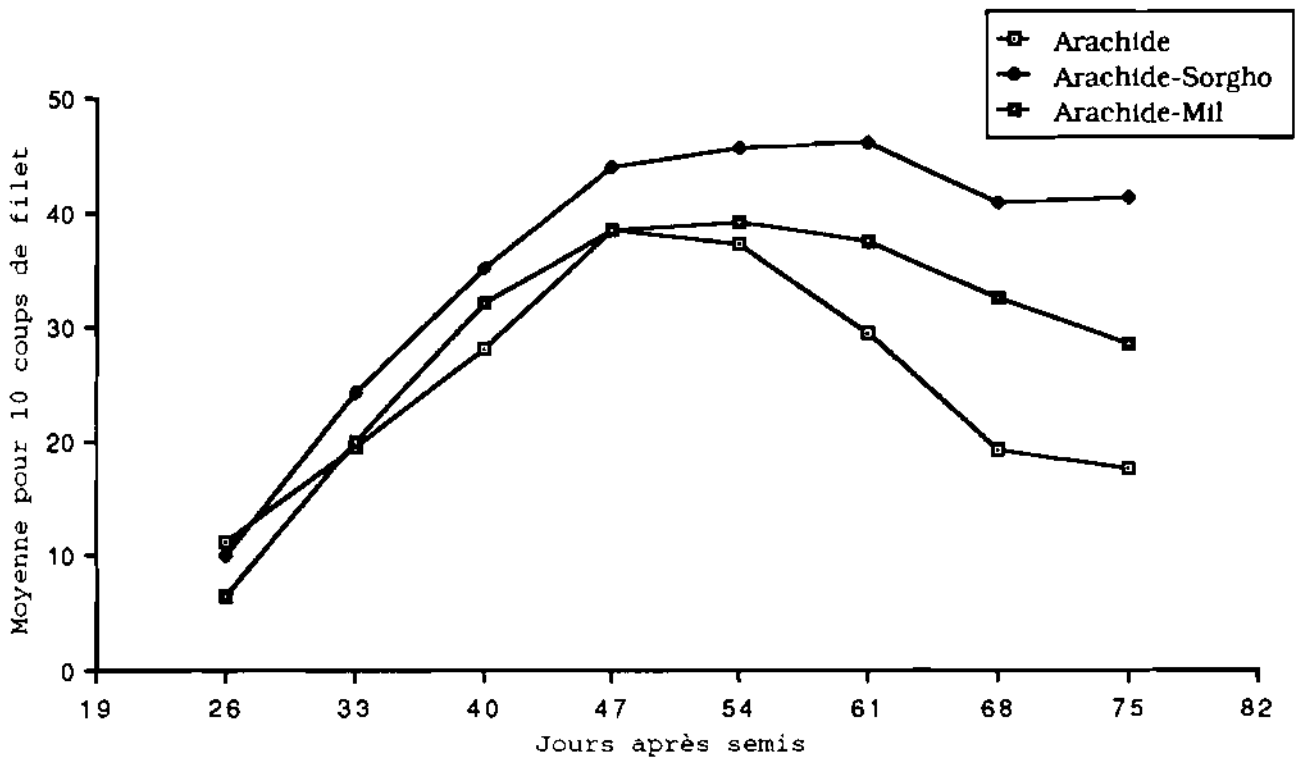


Figure 14. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de tous les insectes (ravageurs, prédateurs et parasitoïdes) sur l'arachide, Gampela, 1990

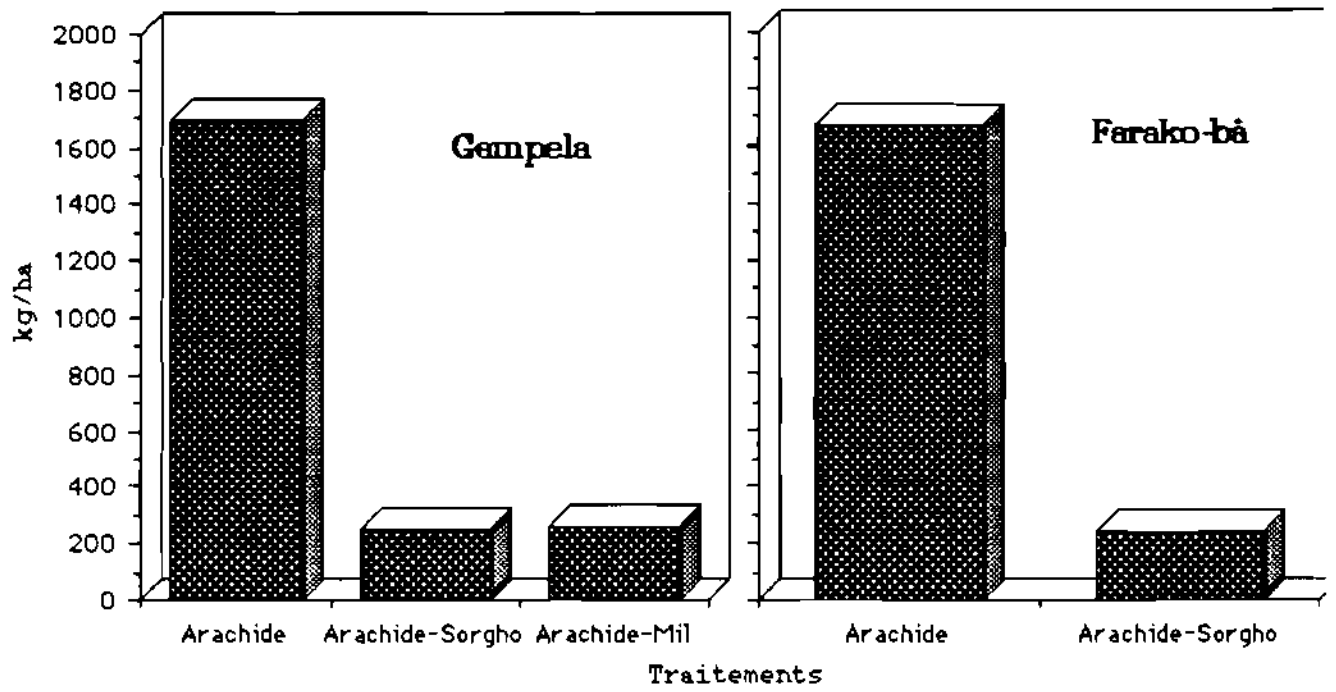


Figure 15. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur le rendement en gousses de l'arachide, 1990

Chapitre VII. **Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités des populations, et les dégâts des insectes inféodés au niébé au champ.**

Les systèmes d'associations impliquant le niébé ont été parmi les systèmes de cultures tropicales les plus étudiés, tant du point de vue agronomique que de défense des cultures. En effet, la culture pure de niébé sans protection chimique subit habituellement de graves dommages de la part des insectes ravageurs. Le coût élevé de la protection chimique et l'état d'agriculture de subsistance dans lequel est faite la production du niébé font que la recherche de méthodes alternatives, efficaces et peu coûteuses, reste une priorité si des productions, mêmes substantielles, doivent être obtenues. Les études déjà faites dans le domaine de l'association de cultures, en tant que moyen de régulation des populations d'insectes sur le niébé, ont intéressées principalement les associations telles niébé-mais, niébé-sorgho, niébé-mil, et niébé-manioc. Tandis que certains auteurs ont fait des observations sur l'ensemble des insectes inféodés au niébé en croissance dans des agro-écosystèmes associés, d'autres, par contre, se sont juste intéressés à des groupes plus restreints de ravageurs, voire même à des insectes particuliers.

L'objectif principale de la présente étude était d'évaluer l'effet de l'association du niébé avec le sorgho et le mil sur les populations et les dégâts des principaux insectes ravageurs inféodés à la légumineuse dans deux sites écologiques différents, Gampéla et Farako-bâ. Elle avait aussi pour autre objectif l'appréciation de l'effet de ces mêmes associations sur les populations d'insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur le niébé. Enfin, nous avons également tenté d'apprécier l'impact de ces associations sur le développement végétatif et les rendements en gousses du niébé.

Matériels et méthodes

Les sites expérimentaux. Les sites expérimentaux sont les mêmes que ceux précédemment décrits dans la section "Matériels et Méthodes" du chapitre sur l'arachide (Voir page 60).

Dispositif expérimental. Le dispositif utilisé ici a été aussi un dispositif en blocs Fische comportant, à Gampéla, 3 traitements, répétés 4 fois, dont (1) Niébé (TVx 3236) en culture pure; (2) Association Niébé (TVx 3236) - Sorgho (E 35-1); (3) Association Niébé (TVx 3236) - Mil (IKPM 1). Et à Farako-bâ, 2 traitements également répétés 4 fois, dont (1) Niébé (TVx 3236) en culture pure, et (2) Association Niébé (TVx 3236) - Sorgho (E 35-1).

Pratiques culturales. Les semis ont été effectués le 10 juillet à Farako-bâ et le 12 juillet à Gampéla aux densités de 0,20 m x 0,75 m (inter-poquet x inter-ligne) en culture pure et 0,20 m x 1,25 m (inter-poquet x inter-ligne) en association avec les céréales. Les travaux d'entretien et de fertilisation ont été similaires à ceux déjà rapportés pour l'arachide.

Échantillonnage des populations des insectes. Les insectes inféodés à la culture du niébé ont été échantillonnés à l'aide des mêmes méthodes décrites dans la section "Matériels et Méthodes" du chapitre sur l'arachides (Voir pages 61 à 62). La seule exception a été que les insectes inféodés aux fleurs du niébé n'ont pu être prélevés, à Gampéla, qu'à 3 dates à cause de la période de floraison relativement courte.

Identification des insectes. Les mêmes procédures déjà mentionnées pour les insectes de

l'arachide ont également été utilisées pour identifier les insectes inféodés au niébé.

Quantification des dégâts des insectes. Pour les insectes nuisibles du niébé appartenant aux mêmes groupes de ravageurs de l'arachide, exemples piqueur-suceurs et broyeur, nous avons utilisé les mêmes procédures et échelles précédemment détaillées dans le chapitre sur l'arachide (Voir pages 62 à 63). Il convient, par contre, de souligner qu'en ce qui concerne le niébé nous avons procédé aussi, séparément, à l'estimation des dégâts des foreurs et des punaises sur les gousses (gousses ridées et de petites tailles et ou perforées).

Indice de surface foliaire et accumulation de matière sèche. Voir section "Matériels et Méthodes" du chapitre sur l'arachide (pages 63 à 64)

Détermination des rendements. Voir section "Matériels et Méthodes" du chapitre sur l'arachide (pages 64 à 65)

Analyses statistiques. Les mêmes procédures et logiciels statistiques décrits dans la section "Matériels et Méthodes" à la page 65 ont été utilisés pour l'analyse de variance (SuperANOVA) et la séparation des moyennes.

Résultats et discussion

Les échantillonnages par les méthodes de bourgeons terminaux, de fleurs, et du filet dans les 3 agro-écosystèmes du niébé ont permis de collecter un total de 7 ordres d'insectes comprenant les Thysanoptera, les Homoptera, les Hemiptera, les Coleoptera, les Orthoptera, les Diptera, et les Hymenoptera. Vingt quatre familles d'insectes ravageurs, 17 familles de prédateurs, 4 familles et une super-famille d'hyménoptères parasitoïdes ont été identifiées. Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour l'arachide, nous n'avons retenu pour discussion que les groupes suivants : (1) thrips immatures et adultes; (2) les aphides; (3) *Empoasca dolichi*; (4) *Maruca testulalis*; (5) les punaises de gousses; (6) les méloïdés et les autres coléoptères; (7) les orthoptères; (8) les agromyzidés; (9) les coléoptères prédateurs; (10) les hémiptères prédateurs; (11) les syrphidés; (12) les dolichopodidés; (13) les tachinidés; (14) les ichneumonidés; (15) les braconidés; (16) les chalcidoïdés. Pour Farako-bâ, nous discuterons essentiellement des homoptères, des coléoptères et des hémiptères phytophages, des thrips, et des aphides.

Les insectes ravageurs

Les thrips. Les fluctuations des populations des thrips (immatures plus adultes) dans les 3 agro-écosystèmes du niébé, à Gampéla, sont illustrées par la figure 16. Dans les bourgeons terminaux du niébé en culture pure et ceux du niébé en association avec le mil, les populations des thrips ont augmenté plus ou moins graduellement pour atteindre des pics le 54 jour après semis. Dans les parcelles d'association avec le sorgho, par contre, deux pics ont été observés respectivement les 33^e et 54^e jours après semis. Si l'association avec le mil n'a pas eu d'effet appréciable sur le développement des infestations des thrips dans les bourgeons terminaux du niébé, il apparaît que l'association avec le sorgho a quelque peu favorisé le développement de ce ravageur au cours de la première période du cycle de croissance de la légumineuse.

Les résultats des analyses statistiques des densités des populations des thrips immatures et

FIG.A: PLUVIOMETRIE GAMPÉLA, 1990.

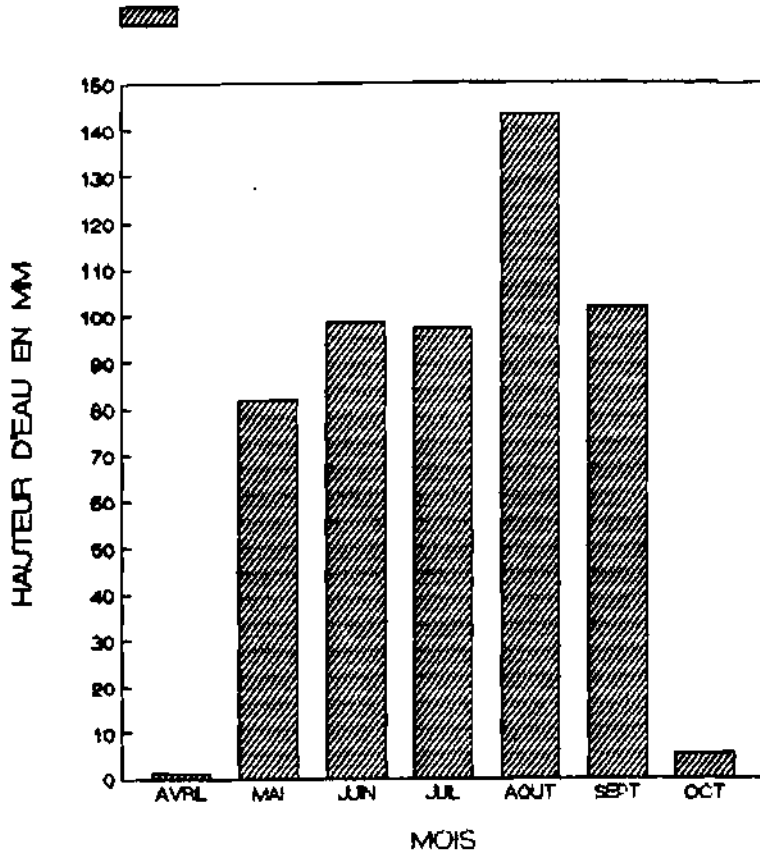
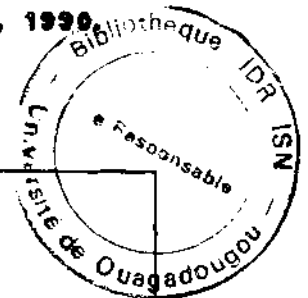
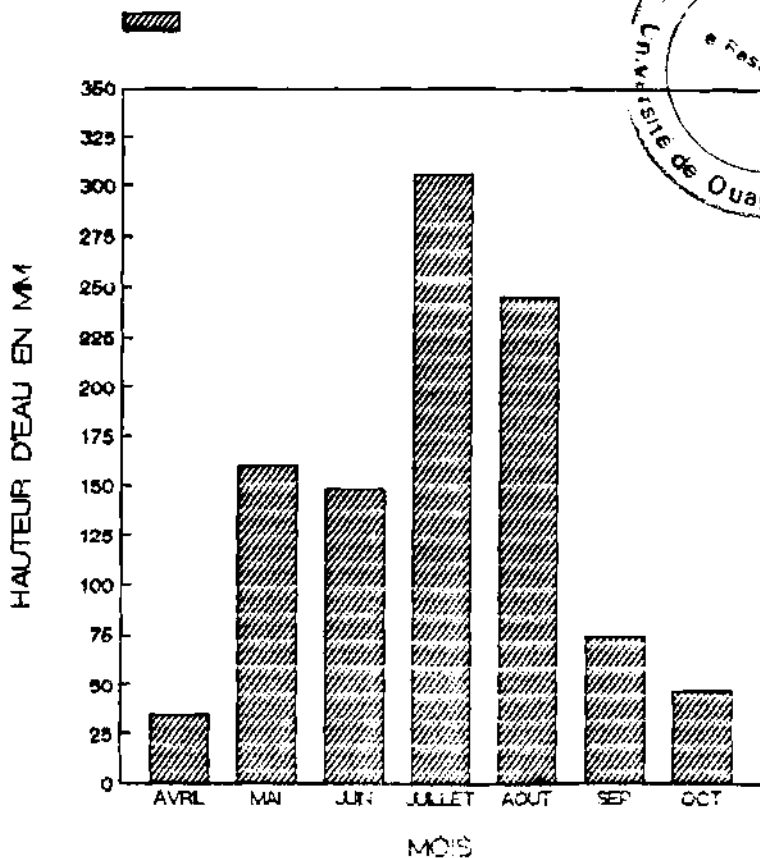


FIG.B: PLUVIOMETRIE FARAKO-BA, 1990.



adultes, estimées par les échantillons des bourgeons terminaux et des fleurs du niébé à Gampéla, sont consignés dans les tableaux 19 et 20. Dans cette localité, les densités des populations des thrips (immatures plus adultes) dans les bourgeons du niébé en culture pure ont été généralement supérieures à celles observées dans les bourgeons terminaux du niébé cultivé en association avec le sorgho ou le mil (4 dates sur les 7 échantillonnées). Néanmoins, à l'exception de 3 dates d'échantillonnage, il n'y a pas eu de différences significatives entre les densités de ces ravageurs dans les 3 agro-écosystèmes du niébé (Tableau 20). Par contre les populations des thrips dans les fleurs du niébé en culture pure, à Gampéla ont été significativement plus élevées que celles collectées dans les fleurs du niébé en association avec les céréales au cours de toutes les dates d'échantillonnage (Tableau 20). La croissance végétative vigoureuse des plants du niébé dans les parcelles pures à partir du 33^e (Tableau 21; Figure 17) et le plus grand nombre de fleurs dans ces parcelles ont favorisé la migration de populations de thrips immatures et adultes des bourgeons terminaux vers les fleurs dans une même parcelle, voire même en provenance des parcelles associées adjacentes. Des réductions de populations des thrips dans des systèmes d'association ont été également observées par certains auteurs. Matteson (1982) a observé des réductions de l'ordre de 42% des populations de thrips dans les fleurs du niébé cultivé en association avec le maïs. Des baisses significatives avaient déjà été aussi notées dans des associations sorgho-niébé et mil-niébé (IITA, 1983, 1984). Perfect et al. (1979) et Ssekabembe (1985) mentionnent dans leurs publications des réductions similaires dans des associations maïs-niébé. D'après Jackai et al. (1985), les plants de manioc dans les associations manioc-niébé, constituent une barrière physique aux mouvements des thrips, entraînant la réduction des populations de ces ravageurs sur le niébé dans les parcelles d'association. Selon Baliddawa (1983), l'environnement physique (humidité et température) dans les parcelles de cultures associées est défavorable aux thrips.

À Farako-bâ, les populations des thrips dans les bourgeons terminaux et les fleurs ont été très peu affectées par l'association du niébé avec le sorgho. En effet, les densités de populations des thrips dans les 2 agro-écosystèmes n'ont été significativement différentes que seulement à 2 dates d'échantillonnage des bourgeons terminaux (Tableau 22).

L'effet de l'association avec les céréales sur l'intensité des dégâts foliaires dus aux thrips est indiqué dans le tableau 23. On peut noter qu'à Gampéla l'association avec le sorgho ou le mil n'a affecté significativement l'intensité de ces dégâts sur le niébé que seulement à 2 dates d'échantillonnage. Par contre, à Farako-bâ, à l'exception de la première date d'échantillonnage, l'association avec le sorgho a eu pour effet de réduire significativement l'intensité des dégâts des thrips sur le niébé, par rapport à ceux observés sur le niébé en culture pure.

Empoasca dolichi Paoli. La figure 18 montre les types des fluctuations des populations de *E. dolichi* dans les parcelles de niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil à Gampéla. Dans les parcelles de niébé en culture pure les populations de *E. dolichi* ont augmenté progressivement jusqu'à un pic observé au 54^e jour après semis, avant de décroître mais tout en restant nettement supérieures à celles observées dans les parcelles d'association avec les céréales. On peut noter sur la même figure, que dans les parcelles d'association, les populations de ce nuisible ont connu très peu de fluctuations, variant seulement entre 2,32 et 4,83 individus/ 10 coups de filet. Il ressort

également de cette figure que l'association avec les céréales a eu pour effet de décaler d'une semaine les pics de populations. En effet, alors que dans la culture pure le pic a été atteint au 54^e jour après semis, dans les parcelles d'association les pics ont été observés au 61^e jours après semis, soit un semaine plus tard. L'association avec le sorgho ou le mil a dans l'ensemble eu un effet dépressif sur la colonisation du niébé par les populations de *E dolichi*. Nos résultats confirment ceux de Singh et Singh (1978) qui ont aussi trouvé que l'association du niébé avec le sorgho retardait l'apparition des populations de *E kerri* Pruthi de près d'une semaine sur cette légumineuse.

Comme l'indique le tableau 24, les densités de populations de *E dolichi* sur le niébé en culture pure ont été significativement plus importantes à toutes les dates d'échantillonnage, que celles observées sur le niébé cultivé en association avec les céréales. Certains auteurs ont observé des effets similaires de l'association de cultures sur les populations d'autres espèces du genre *Empoasca*. Ram et al. (1989) ont, par exemple, observé une réduction des populations de *E kerri* dans les associations sorgho-niébé, par rapport à celles sur le niébé en culture pure. Singh et Jackai (1985) et Gold et al. (1989) mentionnent également de telles réductions des populations de *E kraemeri* sur le niébé en association avec le manioc. Dans les associations du niébé avec *Eleusine* sp. ou *Leptochloa* sp., les substances chimiques de ces plantes entraîneraient une baisse des densités de populations de *E kraemeri* (Altieri et al., 1977). A l'instar des populations de *E dolichi* à Gampéla, les populations des homoptères sur le niébé à Farako-bâ ont été significativement réduites dans les parcelles d'association sorgho-niébé (Tableau 25).

Le tableau 23 montre que l'association du niébé avec les céréales a significativement réduit l'intensité des dégâts foliaires dûs aux jassidés sur le niébé, à partir du 26^e et du 33^e jours après semis, à Farako-bâ et à Gampéla, respectivement. Le fait que l'impact de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'intensité des dégâts des jassidés se soit manifesté au cours de la période de pré-floraison est d'autant plus important que, selon Raman et al (1977) et Jackai et Daoust (1985), c'est au cours de cette période que le niébé est le plus sensible aux dégâts foliaires de ces ravageurs. Les travaux de l'ITA (1973) montrent que si aucune méthode de contrôle n'est entreprise jusqu'au 40^e jour après semis, les dégâts foliaires peuvent provoquer des pertes de rendements pouvant s'élever à 52% des rendements potentiels.

Les aphides. Les tableaux 19 et 21 présentent l'effet de l'association de cultures sur les populations des aphides sur le niébé à Gampéla et à Farako-bâ. A Gampéla où les populations de ces ravageurs n'ont été observées que dans les bourgeons terminaux, l'association avec les céréales a peu affecté les densités de ces nuisibles. A la plupart des dates d'échantillonnage, les populations du ravageur ont été plus importantes dans l'association sorgho-niébé que dans les 2 autres traitements, même si ces différences n'étaient pas significatives (Tableau 20). L'association avec le sorgho paraît donc favoriser quelque peu le développement des populations de ces ravageurs sur le niébé. A Farako-bâ, les densités de populations des aphides dans les bourgeons terminaux du niébé dans la culture pure et celles dans les bourgeons terminaux du niébé dans les parcelles d'association avec le sorgho n'ont été significativement différentes qu'à seulement 2 dates d'échantillonnage (Tableau 22). Comme on peut le noter, les populations des aphides dans les fleurs de niébé dans les 2 agro-écosystèmes n'ont pas été significativement différentes. D'après les travaux de Smith (1976a) sur l'aphide, *Brevicoryne brassicae* L., la colonisation des plants de chou par les populations de cet insecte est

influencée par la couleur de l'arrière-plan de la culture. Ce ravageur est plus attiré par les plants de chou cultivé sur un sol nu que par ceux cultivés sur un arrière-plan artificiel vert. Ainsi, la couverture presque totale des parcelles, tant dans les associations que dans la culture pure, à partir du 33^e jour après semis (Tableau 21; Figure 17) a dû interférer quelque peu avec la colonisation des plants de niébé par les aphides, certainement en empêchant la perception du stimulus provenant du sol, et partant minimiser les différences potentielles de pullulement du nuisible dans les parcelles.

Les punaises des gousses et les autres hémiptères. Les espèces de punaises suceuses des gousses qui ont été fréquemment rencontrées sont : *Acanthomia* spp., *Anoplocnemis curvipes*, et *Riptorpus dentipes*. Les fluctuations des populations de ces insectes nuisibles dans les 3 agro-écosystèmes du niébé à Gampéla sont présentées par la figure 19. Dans les parcelles de niébé en culture pure les populations de ces ravageurs ont augmenté continuellement pour atteindre un pic au 61^e jour après semis, avant de décliner. Les populations dans les parcelles d'association avec les céréales par contre, ont été très faibles pendant un premier temps, restant inférieures à 2 individus/ 10 coups de filet jusqu'au 54^e jours après semis, avant d'augmenter de manière brusque au 61^e jour après semis. Cette soudaine élévation des densités de populations des punaises suceuses des gousses est probablement due à une migration d'une partie des populations des punaises des parcelles de culture pure vers celles des associations avec les céréales. En effet, à partir du 54^e jour après semis, suite à la destruction massive des gousses par de nombreux ravageurs dont les méloïdés, il n'y avait plus de gousses vertes dans les parcelles de culture pure, forçant ainsi les punaises à migré ailleurs pour trouver leur nourriture.

Comme le montre le tableau 24, les densités des populations de punaises suceuses des gousses du niébé ont été, à partir de 33 j.a.s, significativement plus élevées dans la culture pure que dans les associations. Matteson (1982) et Perfect et al. (1979) ont observé des effets variables de l'association du niébé avec le sorgho ou le maïs sur les populations de punaises suceuses des gousses. Le tableau 25 montre que, les populations des hémiptères phytophages sur le niébé à Farakobâ n'ont pas été affectées par l'association du niébé avec le sorgho. Tandis que dans certaines localités dans les Sud du Nigéria, les densités des populations de ces insectes ont été significativement réduites dans les associations, dans d'autres localités, ces auteurs ont observés une élévation des densités de ces ravageurs dans les mêmes associations. La taille réduite des plants de niébé dans les parcelles d'association, et la tendance des punaises à se poser sur les céréales quand elles ne s'alimentent pas sur le niébé peuvent conduire, selon Matteson (1982), à une sous-estimation des populations de ces insectes dans les parcelles d'association.

Maruca testulalis Les populations des larves de *M. testulalis* ont été significativement plus élevées dans les fleurs du niébé en culture pure que dans les fleurs du niébé en association avec le sorgho ou le mil (Tableau 20). Nos observations sont en contradictions avec ceux de Amoako-Atta et al. (1983), Amoako-Atta et Omolo (1983), l'IIITA (1984 et 1985), Matteson (1982), Gold et al. (1989), et Perfect et al. (1979), qui ont tous noté que la présence du sorgho ou du maïs n'avait pas d'effet sur la colonisation et l'établissement de *M. testulalis* sur les plants de niébé. Amoako-Atta et al. (1983) et Amoako-Atta et Omolo (1983) ont toute fois observé que les dégâts de *M. testulalis* sur les gousses étaient significativement plus élevés dans les cultures pures de niébé que dans les

associations niébé-sorgho. Cela est dû, selon eux, à un possible effet de barrière physique par les plants non hôtes sur les migrations inter et/ou intra-lignes de ce lépidoptère dans les parcelles d'association.

L'estimations de dégâts des punaises suceuses et des foreurs des gousses n'a pu être faite que dans les parcelles d'association. En effet, au 61^e jour après semis, date à laquelle l'estimation a été faite, il n'y avait pas de gousses dans les parcelles de culture pure, suite à une destruction totale, notamment par les punaises suceuses et les méloïdés. Les pourcentages de gousses endommagées ont été significativement plus élevés dans l'association avec le mil que dans celle avec le sorgho (Tableau 26).

Les méloïdés et les autres coléoptères. Les fluctuations des populations des méloïdés sur le niébé en culture pure et en association avec les céréales à Gampéla sont présentées par la figure 20. Les densités de populations des méloïdés dans la culture ont augmenté de manière presque fulgurante dès la floraison du niébé, pour atteindre un pic le 54^e jour après semis. Dans les parcelles d'association avec les céréales, où elles ne sont apparues qu'avec la floraison, les populations de ces insectes nuisibles ont montré des pics décalés de 1 et 2 semaines, respectivement dans l'association avec le sorgho et celle avec le mil, par rapport au pic observé dans les parcelles de culture pure. Les décalage ainsi observé sont très importants car ils peuvent permettre au niébé d'échapper aux dégâts de ces ravageurs, notamment sur les fleurs, mais aussi sur les gousses vertes. Les ravageurs vont apparaître dans les parcelles alors que la floraison est déjà terminée, ou que les gousses sont déjà à un stade de maturation plus avancé, donc peu attractif.

L'effet de l'association de cultures sur les densités de populations des méloïdés sur le niébé est présenté dans le tableau 27. Les densités de populations de ces ravageurs ont été significativement plus élevées dans la culture pure que dans l'association sorgho-niébé au cours de 4 dates d'échantillonnage (33^e au 54^e jours après semis). Dans l'association mil-niébé, les différences significatives ont été observées à 3 dates seulement. Le tableau 27 présente également l'effet sur les populations des autres coléoptères phytophages dans les 3 agro-écosystèmes du niébé à Gampéla. Les densités de populations de ces insectes nuisibles dans les 3 traitements ont été significativement différentes seulement aux 3 dernières dates d'échantillonnage. A Farako-bâ, les populations de coléoptères phytophages sur le niébé en culture pure ont été significativement plus importantes que celles observées sur le niébé cultivé en association avec le sorgho, et ce, durant toute la période d'échantillonnage (Tableau 25).

Les orthoptères. Les densités des populations des orthoptères sur le niébé, illustrées dans le tableau 27, n'ont été significativement différentes entre les traitements qu'à deux dates seulement (54^e et 61^e jours après semis). La très grande polyphagie de ces ravageurs, qui attaquent aussi bien le niébé que les céréales peut expliquer que leur populations n'aient pas été affectée par la diversification.

L'effet de l'association du niébé avec les céréales sur l'intensité des dégâts des insectes broyeur est illustré par la figure 21 et résumé dans le tableau 23. Les niveaux de ces dégâts ont été croissants tout au long du cycle de croissance du niébé. L'intensité de ces dégâts ont été, comme le montre le même tableau, significativement plus réduite dans les associations que dans la culture pure, à partir du 26^e jour après semis dans les deux sites. Les observations à Gampéla montrent que la

présence des plants de céréales à interférer positivement avec l'activité des insectes broyeurs, probablement en tant que facteur de diversion, de dilution et/ou de dispersion.

Les agromyzidés. Les diptères mineuses des feuilles ont été pratiquement collectés sur le niébé durant toute la saison de culture, quoique les densités des populations de ces insectes soient restées relativement faibles (Figure 22). Ces densités ont été généralement (6 dates d'échantillonnage sur 8) significativement plus élevées dans la culture pure que dans les associations (Tableau 27).

L'effet de l'association avec le sorgho et le mil sur les fluctuations et les densités des populations cumulées de tous les insectes ravageurs collectés au filet sur le niébé, à Gampéla, est présenté dans la figure 23 et le tableau 28. Dans les 3 agro-écosystèmes du niébé, ces populations ont augmenté plus ou moins graduellement pour atteindre des pics le 61^e jour après semis. Après cette date, les populations cumulées des ravageurs dans les parcelles de niébé en culture pure ont baissé régulièrement, alors que dans les parcelles d'association elles ont connu une stabilité relative, avec très peu de fluctuations (Figure 22). La baisse des densités de populations des ravageurs dans les parcelles de culture pure est probablement à mettre en liaison avec la sénescence des plants très tôt dans ce traitement. Comme le montre le tableau 28, les densités de populations des insectes nuisibles dans les parcelles de niébé en culture pure ont été, à 7 dates d'échantillonnage sur les 8, significativement plus importantes que celles observées sur le niébé cultivé en association avec le sorgho ou le mil.

Les insectes prédateurs et parasitoïdes

Les coléoptères prédateurs. Quatre familles de coléoptères prédateurs ont été rencontrées sur le niébé à Gampéla. Il s'agit des familles des Carabidés, des Cicindelidés, des Coccinelidés, et des Staphilinidés. Les populations de coléoptères prédateurs ont montré, dans tous les traitements, des densités croissantes au cours de la première moitié du cycle de croissance du niébé jusqu'à des pics au 54^e jour après semis (Figure 24). Après cette date, ces populations ont baissé continuellement dans la culture pure, alors que dans les associations, même si dans l'association niébé-sorgho une baisse s'observe entre le 54^e et le 61^e jours après semis, il reste néanmoins que les densités sont demeurées élevées. On peut noter également dans la même figure que les populations de ces prédateurs dans l'association sorgho-niébé ont été plus élevées que celle observées dans l'association mil-niébé. L'association avec le sorgho a donc favorisé un peu plus le développement des populations de ces insectes utiles sur le niébé, par rapport à celui noté sur le mil. L'augmentation des densités des populations de coléoptères prédateurs est à mettre en rapport avec, non seulement, l'évolution de la couverture végétale des parcelles (Figure 17); mais aussi avec l'augmentation du nombre de proies dans les parcelles. En effet, certains de ces prédateurs comme les coccinelidés ont habituellement un développement très synchronisé avec leurs hôtes (Hagen, 1962). Ainsi, ils se reproduisent quand le nombre de proies augmente, et hibernent quand leurs proies sont moins actives ou dormantes.

Comme le montre le tableau 29, les densités des populations cumulées des coléoptères prédateurs ont été, à toutes les dates d'échantillonnage, significativement plus élevées dans l'association niébé-sorgho que dans la culture pure. Dans l'association niébé-mil, les différences significatives avec la culture pure se sont manifestées à partir du 40^e jour après semis. L'association avec le sorgho ou le mil a donc favorisé aussi les populations de l'ensemble des coléoptères prédateurs. Certains auteurs ont observé des effets variables de divers types d'association de cultures

sur les coléoptères prédateurs. Ainsi, Coderre et al. (1989) ont observé que les coccinelles, *Coleomegilla maculata lengi* Timb. et *Hippodamia tredecimpunctata* Say, étaient significativement plus abondantes sur le haricot en culture pure que sur le haricot cultivé en association avec le maïs, alors que *Coccinella septempunctata* L. n'était pas affecté. Perfecto et al. (1986) ont observé que deux autres coccinelles, *Harpalus pennsylvanicus* DeGeer et *Evarthrus sodalis* LeConte, avaient des taux de migrations plus élevés dans les parcelles diversifiées que dans celles de culture pure. La présence dans les parcelles d'associations de plantes auxquelles ne sont pas inféodées les proies réduit l'efficacité des prédateurs. Ainsi, même si les densités des proies sont les mêmes dans la culture pure et les parcelles d'association, ces prédateurs perdent du temps inutilement sur de telles plantes, ce qui les amène à quitter beaucoup plus rapidement les parcelles diversifiées (Altieri et Liebman, 1986).

Les hémiptères prédateurs. Les familles suivantes ont été rencontrées à Gampéla : Réduviidés, Nabidés et Anthocoridés. Les fluctuations de ces insectes utiles dans les différents traitements sont illustrées par la figure 25. Les populations des hémiptères prédateurs sur le niébé en association avec les céréales ont augmenté progressivement pour atteindre les densités les plus élevées aux 47^e et 54^e jours après semis, respectivement dans l'association avec le mil et celle avec le sorgho. Dans la culture pure, ces populations sont restées à des niveaux relativement très faibles, dépassant à peine 1 individu/échantillon, et ce, seulement au cours de 2 dates d'échantillonnage (47^e et 54^e jour après semis). La figure 24 montre aussi que les populations des hémiptères prédateurs sur le niébé associé au sorgho ont été, au cours de la plupart des dates d'échantillonnage, plus importantes que celles collectées sur le niébé associé au mil. Toutefois, comme l'indique le tableau 29, il n'y a eu de différences significatives entre les 2 systèmes d'association qu'à une seule date d'échantillonnage. Il ressort du même tableau que, à l'exception de la première date d'échantillonnage, les densités de populations des hémiptères prédateurs ont été significativement plus élevées dans les parcelles d'association avec les céréales que dans les parcelles de niébé en culture pure.

Les Dolichopodidés. Les populations de ces insectes ont présenté des niveaux relativement faibles dans tous les traitements tant que les plants étaient encore de petite taille (Figure 26). A partir du 40^e jour après semis, et suite certainement à la floraison du niébé à cette époque, il y a eu une nette augmentation des densités des populations de ces insectes pour atteindre des pics le 54^e jour après semis dans les associations. Comme pour les coléoptères et les hémiptères utiles, l'association avec le sorgho a relativement plus favorisé le développement des populations des dolichopodidés sur le niébé, comparativement à l'association avec le mil. Les densités de populations de ces prédateurs ont été à partir du 40^e jour après semis significativement plus élevées dans les associations que dans la culture pure (Tableau 29).

Les Syrphidés. Comme le montre la figure 27, les populations de syrphidés ont connu une grande affluence sur le niébé en culture pure, particulièrement au cours de la floraison de celui-ci. Dans la culture pure les densités des populations de syrphidés ont été croissantes jusqu'à la fin de la période de floraison avant de décroître. Dans les parcelles d'association, les populations de syrphidés ont, par contre, augmenté vers la fin, suite probablement à une migration de ces insectes de la culture pure vers les associations. Les densités des populations de syrphidés ont été, excepté à la dernière date,

significativement plus élevées dans la culture pure que dans les associations (Tableau 29). L'abondance des syrphidés sur le niébé en culture pure est à mettre en rapport avec le plus grand nombre de fleurs dans la culture pure, mais aussi avec l'évolution de la couverture végétale des parcelles. Smith (1976b) a montré que les syrphidés sont influencés par la couleur de l'arrière-plan de la culture hôte. Ils sont plus attirés par une culture à arrière-plan vert que par une culture sur un sol nu. Dans notre étude, le fait que le niébé ait couvert très tôt presque entièrement le sol dans la culture pure (Figure 17) peut donc aider à comprendre que les syrphidés aient été beaucoup plus attirés dans ce traitement.

Les parasitoïdes. L'effet de l'association avec les céréales sur les fluctuations et les densités de populations des insectes parasitoïdes sur le niébé à Gampéla est illustré par les figures 28 à 30, et résumé dans le tableau 30. Les ichneumonidés, les braconidés, les chalcidoïdes et les tachinidés ont constitué les principaux groupes d'insectes parasitoïdes collectés sur le niébé dans les 3 agro-écosystèmes du niébé à Gampéla. Comme le montrent les figures 28, 29, et 30, la période du 40^e au 54^e jour après semis (comprenant la période de floraison) a été la période d'affluence maximale de ces insectes sur le niébé, tant dans les parcelles associées que celles qui ne l'étaient pas. Cela est probablement lié à la floraison des plants qui, tout en procurant à ces parasitoïdes un supplément de nourriture par le pollen et le nectar, a été la période durant laquelle la diversité des insectes sur le niébé a été maximale avec des densités élevées de populations, donc certainement un plus grand nombre de proies pour tous les insectes utiles.

La figure 31 et le tableau 28 présentent l'effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations et les densités de populations cumulées de tous les insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) collectés au filet sur le niébé dans les 3 systèmes agricoles. Les courbes d'évolution des populations présentent la même allure générale, sauf que les pics de populations ont été décalés d'une semaine entre les associations et la culture pure. Les densités des populations cumulées de tous les insectes utiles ont été significativement plus importantes dans les parcelles d'association du niébé avec les céréales que dans celles du niébé en culture pure. Ces observations sont conformes aux prévisions de l'hypothèse des ennemis naturels telle que proposée par Root (1973).

La figure 32 illustre les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes (ravageurs, prédateurs et parasitoïdes) sur le niébé dans les différents traitements. Les densités de toutes les populations d'insectes ont connu une phase de croissance puis de stabilité relative dans les associations. L'analyse statistique des densités des populations cumulées de tous les insectes (ravageurs, prédateur, parasitoïdes) ne révèle de différences significatives qu'à seulement trois dates d'échantillonnage (Tableau 28). Ces observations suggèrent qu'il y a eu une compensation de l'abondance des ravageurs dans la culture par celle des insectes utiles dans les associations. Les différences observées en début et en fin de période d'échantillonnage sont dues à la taille des plants de niébé plus réduite dans les associations en début de saison et à leur dessèchement très tôt dans la culture pure.

Accumulation de la matière sèche par les plants de niébé. Les effets de l'association avec les céréales sur l'indice foliaire et l'accumulation de la matière sèche par le niébé à Gampéla sont indiqués dans les tableaux 20 et 30 et illustrés dans la figure 17. L'indice foliaire du niébé a été significativement

réduit par l'association avec les 2 céréales. Comme le montrent la figure 17 et le tableau 21, le mil a eu un effet plus négatif sur le développement végétatif du niébé que le sorgho. Le même effet des céréales, en général, et du mil en particulier, sur le poids des plants de niébé a aussi été observé (Tableau 30). La présence des plants de céréales dans les parcelles d'association a affecté négativement le développement végétatif du niébé, en réduisant, par leur ombrage, la quantité de lumière reçue par les plants de la légumineuse, mais aussi par la compétition inter-spécifique pour certains éléments qui a pu se manifester entre les céréales et le niébé.

Les rendements en gousses du niébé. La figure 33 et le tableau 32 présentent l'effet de l'association du niébé avec le sorgho ou le mil sur les rendements en gousses. A Gampéla, les rendements en gousses du niébé ont été nuis dans la culture pure. Dans cette localité, les rendements en gousses du niébé associé au sorgho ont été significativement supérieurs à ceux du niébé associé au mil. A Farako-bâ, la culture pure de niébé a été significativement plus productive que le niébé dans l'association avec le sorgho. Néanmoins, dans ce site, nous avons noté un avantage net en rendement global de 66% (LER = 1,66) du système d'association sorgho-niébé par rapport à la culture pure. Les résultats obtenus à Gampéla sont à mettre en corrélation avec la forte pression des populations des insectes nuisibles, notamment des méloïdés et des punaises suceuses des gousses pendant les phases d'initiation et de remplissage des gousses.

Conclusions

L'association du niébé avec les céréales a eu pour effet de réduire significativement les densités de populations des insectes ravageurs relativement spécifiques au niébé comme *Empoasca dolichi* Paoli, *Maruca testulalis* Geyer, les punaises suceuses des gousses et les coléoptères mineuses des feuilles. Les populations des insectes ravageurs généralistes, tels que les coléoptères phytophages et les orthoptères ont été très peu affectés par la présence des plants de céréale dans les parcelles d'association. Ces résultats sur les populations des insectes phytophages sur le niébé supportent bien l'hypothèse de la concentration des ressources, proposée par Root (1973).

L'association avec le sorgho ou le mil a eu aussi pour effet de réduire significativement l'intensité des dégâts de principaux insectes piqueur-suceurs et ceux des insectes broyeurs sur le niébé.

Mis à part le cas des populations des syrphidés, le fait d'associer le niébé aux céréales a énormément favorisé le développement des populations des insectes utiles sur le niébé. L'association avec le sorgho s'est révélée être celle qui favorisait le plus grand développement des populations des prédateurs et des parasitoïdes sur la légumineuse, comparativement à l'association avec le mil. D'une manière générale donc, nos observations sur les populations des insectes utiles sur le niébé supporte très bien l'hypothèse des ennemis naturels proposée par Root (1973).

Si à Farako-bâ, l'association avec le sorgho a significativement réduit les rendements en gousses du niébé, il reste cependant qu'à Gampéla, le fait d'associer le niébé au sorgho ou au mil a eu pour effet de protéger efficacement la légumineuse contre la perte totale des rendements suite aux dommages par les insectes ravageurs, comme ce fut le cas dans la culture pure. D'ailleurs, à Farako-bâ, l'avantage net de 66% montre bien l'efficacité de production du système d'association sorgho-niébé, par rapport à la culture pure.

Tableau 19. Densités moyennes de populations de thrips et d'aphides dans les bourgeons terminaux du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations pour 10 bourgeons			
		Thrips			Aphides
		Immatures	adultes	total	
Niébé	19	22,87 a [*]	3,25 a	25,92 a	6,00 a
Niébé-Sorgho	19	5,67 b	3,42 a	9,08 b	8,00 a
Niébé-Mil	19	5,58 b	3,50 a	9,08 b	3,83 a
Niébé	26	9,73 a	3,42 a	13,17 a	4,17 a
Niébé-Sorgho	26	13,92 a	2,75 a	16,67 a	13,25 a
Niébé-Mil	26	13,25 a	1,25 a	14,50 a	4,08 a
Niébé	33	20,30 a	2,92 a	23,25 a	3,33 a
Niébé-Sorgho	33	36,33 a	2,23 a	38,67 a	28,58 a
Niébé-Mil	33	22,17 a	2,75 a	24,92 a	5,83 a
Niébé	40	15,92 ab	3,25 a	19,17 a	0,50 a
Niébé-Sorgho	40	18,67 a	2,42 a	21,08 a	12,50 a
Niébé-Mil	40	11,92 b	3,83 a	15,75 a	0,08 a
Niébé	47	45,75 a	5,00 a	50,75 a	0,00 a
Niébé-Sorgho	47	38,82 a	3,42 a	42,33 ab	0,00 a
Niébé-Mil	47	26,82 b	3,83 a	31,42 b	0,00 a
Niébé	54	83,08 a	9,83 a	92,92 a	0,00 a
Niébé-Sorgho	54	41,42 b	6,58 a	48,00 b	0,00 a
Niébé-Mil	54	36,33 b	5,58 a	41,92 b	0,00 a
Niébé	61	21,33 a	4,50 a	25,83 a	1,50 a
Niébé-Sorgho	61	22,17 a	3,42 a	25,58 a	1,00 a
Niébé-Mil	61	20,25 a	4,50 a	24,75 a	0,17 a

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 20. Densités moyennes de populations de thrips et de larves de lépidoptères dans les fleurs du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations pour 10 fleurs			
		Thrips		Larves de <i>Maruca testulalis</i>	
		immatures	adultes	total	
Niébé	40	91,83 a [*]	78,08 a	169,92 a	3,00 a
Niébé-Sorgho	40	48,33 b	73,42 a	121,75 b	0,92 b
Niébé-Mil	40	20,75 c	24,17 b	44,92 b	0,83 b
Niébé	43	115,17 a	99,83 a	215,00 a	2,67 a
Niébé-Sorgho	43	78,75 b	83,58 a	162,33 b	0,67 b
Niébé-Mil	43	50,08 c	51,25 b	101,33 c	0,58 b
Niébé	47	105,58 a	39,58 a	145,17 a	2,33 a
Niébé-Sorgho	47	81,75 b	18,25 b	100,00 b	1,00 b
Niébé-Mil	47	72,58 b	23,92 b	96,50 b	0,75 b

¹ Nombre de jours après semis

^{*} Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 21. LAI moyens du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	LAI ² moyens
Culture pure	19	0,21 a
Association avec le Sorgho	19	0,24 a
Association avec le Mil	19	0,16 b
Culture pure	26	0,42 a
Association avec le Sorgho	26	0,32 b
Association avec le Mil	26	0,32 b
Culture pure	33	0,92 a
Association avec le Sorgho	33	0,65 b
Association avec le Mil	33	0,49 c
Culture pure	40	1,17 a
Association avec le Sorgho	40	0,79 b
Association avec le Mil	40	0,63 c
Culture pure	47	0,91 a
Association avec le Sorgho	47	0,90 a
Association avec le Mil	47	0,74 b

¹ Nombre de jours après semis

² Land Equivalent Ratio

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 24. Densités moyennes de populations de *Empoasca dolichi* Paoli et des punaises suceuses des gousses (*Anoplocnemis curvipes*, *Acanthomia* spp., *Riptorpus dentipes*) sur le niébé en cultures pures et en association avec le sorgho, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations	
		<i>Empoasca dolichi</i> Paoli	Punaises suceuses des gousses
Niébé	26	4,25 a [*]	0,00 a
Niébé-Sorgho	26	1,75 b	0,00 a
Niébé-Mil	26	2,42 b	0,00 a
Niébé	33	5,00 a	1,00 a
Niébé-Sorgho	33	2,83 b	0,00 b
Niébé-Mil	33	3,08 b	0,00 b
Niébé	40	6,17 a	2,42 a
Niébé-Sorgho	40	4,00 b	0,25 b
Niébé-Mil	40	3,83 b	0,50 b
Niébé	47	6,67 a	4,75 a
Niébé-Sorgho	47	3,92 b	0,50 b
Niébé-Mil	47	3,67 b	1,75 b
Niébé	54	8,50 a	5,58 a
Niébé-Sorgho	54	3,42 b	0,58 b
Niébé-Mil	54	3,58 b	1,17 ab
Niébé	61	7,75 a	7,08 a
Niébé-Sorgho	61	4,58 b	3,08 b
Niébé-Mil	61	4,83 b	4,33 b
Niébé	68	6,17 a	5,58 a
Niébé-Sorgho	68	2,75 b	3,33 b
Niébé-Mil	68	3,42 b	3,42 b
Niébé	75	5,42 a	2,92 a
Niébé-Sorgho	75	3,08 b	2,92 a
Niébé-Mil	75	2,33 b	1,25 b

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 25. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le niébé en cultures pures et en association avec le sorgho, Farakobâ, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations		
		Homoptères	Hémiptères	Coléoptères
Niébé	26	4,25 a [*]	0,42 a	2,42 a
Niébé-Sorgho	26	1,58 b	0,83 a	0,17 b
Niébé	33	5,08 a	1,33 a	4,42 a
Niébé-Sorgho	33	2,83 b	1,50 a	1,33 b
Niébé	40	3,17 a	2,17 a	4,42 a
Niébé-Sorgho	40	2,75 b	2,58 a	1,75 b
Niébé	47	6,83 a	3,00 a	6,42 a
Niébé-Sorgho	47	2,67 b	3,92 a	3,50 b
Niébé	54	5,58 a	3,67 a	5,83 a
Niébé-Sorgho	54	2,67 b	3,17 a	2,83 b
Niébé	61	6,83 a	3,67 b	5,75 a
Niébé-Sorgho	61	4,17 b	5,92 a	2,25 b
Niébé	68	7,00 a	3,92 a	5,42 a
Niébé-Sorgho	68	3,25 b	3,83 a	1,92 b
Niébé	75	6,42 a	3,50 a	5,00 a
Niébé-Sorgho	75	3,42 b	4,33 a	1,50 b

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 25. Dégâts moyens des punaises suceuses des gosses 61 jours après les semis du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

culture	Pourcentage de gosses endommagés
Niébé	-
Niébé-Sorgho	69,00 b*
Niébé-Mil	96,80 a

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 27. Densités moyennes d'insectes phytophages sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations			
		Méloïdés	Autres coléoptères	Orthoptères	Agromyzidés
Niébé	26	0,00 a [*]	0,00 a	0,17 a	0,75 a
Niébé-Sorgho	26	0,00 a	0,00 a	0,17 a	0,00 b
Niébé-Mil	26	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b
Niébé	33	0,83 a	1,42 a	0,92 a	1,42 a
Niébé-Sorgho	33	0,00 b	2,92 a	0,42 a	0,00 b
Niébé-Mil	33	0,00 b	2,00 a	1,00 a	0,08 b
Niébé	40	0,75 a	3,75 a	2,08 a	1,58 a
Niébé-Sorgho	40	0,00 b	4,33 a	2,50 a	0,33 b
Niébé-Mil	40	0,00 b	3,50 a	2,08 a	0,50 b
Niébé	47	4,17 a	4,83 a	2,58 a	2,00 a
Niébé-Sorgho	47	0,83 b	5,83 a	1,83 a	1,00 a
Niébé-Mil	47	2,00 b	4,50 a	1,15 a	1,00 a
Niébé	54	6,42 a	5,42 a	3,50 a	1,92 a
Niébé-Sorgho	54	0,83 b	7,50 a	2,08 b	0,92 ab
Niébé-Mil	54	2,50 a	5,33 a	1,75 b	0,50 b
Niébé	61	4,33 a	4,00 b	3,25 a	1,83 a
Niébé-Sorgho	61	3,42 a	9,42 a	2,00 ab	1,92 a
Niébé-Mil	61	3,67 a	6,83 a	1,50 b	1,50 a
Niébé	68	3,92 ab	1,58 b	3,25 a	1,67 a
Niébé-Sorgho	68	2,42 b	8,33 a	2,17 a	0,58 b
Niébé-Mil	68	5,33 a	8,75 a	1,75 a	0,50 b
Niébé	75	2,33 a	2,75 c	2,50 a	1,08 a
Niébé-Sorgho	75	2,83 a	12,63 a	1,75 a	0,25 b
Niébé-Mil	75	2,83 a	6,58 b	1,58 a	0,92 b

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 28. Densités moyennes de populations des insectes ravageurs (Ravageurs), des insectes utiles (Utiles) et tous les insectes (Total) sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations		
		Ravageurs	Utiles	Total
Culture pure	26	6,42 a	1,00 ab	7,42 a
Association avec le Sorgho	26	3,17 b	1,75 a	4,91 b
Association avec le Mil	26	3,75 b	0,58 b	4,33 b
Culture pure	33	14,08 a	2,83 b	16,92 a
Association avec le Sorgho	33	9,75 b	7,08 a	16,83 a
Association avec le Mil	33	9,83 b	7,67 a	17,50 a
Culture pure	40	27,92 a	4,08 b	32,00 a
Association avec le Sorgho	40	17,17 b	13,08 a	30,25 a
Association avec le Mil	40	17,33 b	14,00 a	31,33 a
Culture pure	47	35,25 a	16,42 b	51,67 a
Association avec le Sorgho	47	23,42 b	28,08 a	51,50 a
Association avec le Mil	47	22,42 b	24,92 a	47,33 a
Culture pure	54	41,25 a	15,42 b	56,67 a
Association avec le Sorgho	54	25,25 b	31,00 a	56,25 a
Association avec le Mil	54	22,67 b	26,17 a	48,83 a
Culture pure	61	47,58 a	7,00 b	54,58 a
Association avec le Sorgho	61	35,42 b	25,33 a	60,75 a
Association avec le Mil	61	32,58 b	20,75 a	53,33 a
Culture pure	68	42,00 a	4,08 b	46,08 b
Association avec le Sorgho	68	28,92 b	24,33 a	53,25 a
Association avec le Mil	68	30,50 b	18,42 a	49,92 a
Culture pure	75	18,33 b	2,25 b	20,58 b
Association avec le Sorgho	75	32,08 a	21,08 a	53,17 a
Association avec le Mil	75	28,00 a	18,58 a	46,58 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 29. Densités moyennes de populations d'insectes prédateurs sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations			
		Hémiptère prédateurs	Coléoptères prédateurs	Syrphidés	Dolichopodidés
Niébé	26	0,00 a*	0,00 b	0,42 a	0,00 a
Niébé-Sorgho	26	0,00 a	0,33 a	0,08 b	0,00 a
Niébé-Mil	26	0,00 a	0,08 b	0,00 b	0,00 a
Niébé	33	0,25 b	0,00 b	1,33 a	0,33 a
Niébé-Sorgho	33	2,25 a	0,42 a	0,42 b	0,75 a
Niébé-Mil	33	1,75 a	0,33 ab	0,25 b	0,92 a
Niébé	40	0,42 c	0,17 b	2,83 a	0,33 b
Niébé-Sorgho	40	3,00 a	0,92 a	0,75 b	1,75 a
Niébé-Mil	40	1,83 b	0,75 a	0,67 b	1,33 ab
Niébé	47	1,08 b	1,17 b	3,58 a	1,00 b
Niébé-Sorgho	47	3,08 a	2,58 a	0,58 b	3,08 a
Niébé-Mil	47	3,17 a	1,58 a	1,25 b	2,50 a
Niébé	54	1,17 b	1,67 b	3,42 a	1,00 b
Niébé-Sorgho	54	3,67 a	5,00 a	0,92 b	3,75 a
Niébé-Mil	54	3,00 a	2,83 a	1,08 b	2,75 a
Niébé	61	0,75 b	1,50 b	2,92 a	0,42 b
Niébé-Sorgho	61	2,67 a	3,25 a	1,25 b	2,33 a
Niébé-Mil	61	2,25 a	2,75 a	1,33 b	1,50 a
Niébé	68	0,67 b	0,42 b	2,42 a	0,17 b
Niébé-Sorgho	68	2,75 a	3,33 a	0,83 b	2,83 a
Niébé-Mil	68	2,25 a	3,00 a	1,00 b	1,33 a
Niébé	75	0,00 b	0,00 b	0,67 a	0,08 b
Niébé-Sorgho	75	2,25 a	3,75 a	0,83 a	1,83 a
Niébé-Mil	75	1,25 a	3,67 a	0,67 a	1,08 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 30. Densités moyennes de populations d'insectes parasitoïdes sur le niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations			
		Ichneumonidés	Braconidés	Chalcidoïdés	Tachinidés
Niébé	26	0,00 a [*]	0,00 b	0,00 a	0,00 a
Niébé-Sorgho	26	0,00 a	0,33 a	0,00 a	0,00 a
Niébé-Mil	26	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,00 a
Niébé	33	0,00 b	0,92 b	0,00 b	0,00 a
Niébé-Sorgho	33	1,58 a	3,67 a	1,67 a	0,00 a
Niébé-Mil	33	1,25 a	2,42 a	1,67 a	0,00 a
Niébé	40	0,00 b	0,50 b	0,08 b	0,00 b
Niébé-Sorgho	40	2,08 a	3,08 a	2,17 a	1,50 a
Niébé-Mil	40	2,00 a	1,67 a	1,42 a	1,92 a
Niébé	47	0,42 b	3,00 b	1,25 b	0,33 b
Niébé-Sorgho	47	2,67 a	5,58 a	4,92 a	2,42 a
Niébé-Mil	47	2,17 a	4,50 a	3,17 a	3,25 a
Niébé	54	0,42 b	2,33 b	1,25 b	0,67 b
Niébé-Sorgho	54	2,33 a	5,08 a	3,75 a	2,08 a
Niébé-Mil	54	2,08 a	3,42 a	3,33 a	3,17 a
Niébé	61	0,25 b	0,75 b	0,58 b	0,33 b
Niébé-Sorgho	61	2,00 a	3,50 a	3,58 a	2,33 a
Niébé-Mil	61	2,00 a	3,25 a	2,67 a	2,25 a
Niébé	68	0,00 b	0,50 b	0,17 b	0,00 b
Niébé-Sorgho	68	3,08 a	3,33 a	2,58 a	1,42 a
Niébé-Mil	68	2,25 a	3,00 a	1,83 a	2,08 a
Niébé	75	0,00 b	0,25 b	0,08 b	0,25 b
Niébé-Sorgho	75	2,58 a	2,83 a	3,25 a	2,00 a
Niébé-Mil	75	2,00 a	3,17 a	2,33 a	1,67 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 31. Poids moyens de la matière sèche accumulée par les plants de niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, Gampéla, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Poids moyens de matière sèche
		en grammes par plant
Culture pure	27	8,52 a
Association avec le Sorgho	27	2,86 b
Association avec le Mil	27	1,91 b
Culture pure	41	44,30 a
Association avec le Sorgho	41	12,73 b
Association avec le Mil	41	19,31 b
Culture pure	55	74,76 a
Association avec le Sorgho	55	18,90 b
Association avec le Mil	55	26,15 b
Culture pure	69	60,19 a
Association avec le Sorgho	39	20,10 b
Association avec le Mil	69	27,16 b

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 32. Rendements moyens du niébé en culture pure et en association avec le sorgho ou le mil, 1990.

Culture	Rendements moyens en gousses en Kg/ha	
	Gampéla	Farako-bâ
Culture pure	0,00 c	132,11 a
Association avec le Sorgho	60,36 a	80,75 b
Association avec le Mil	26,80 b	-

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

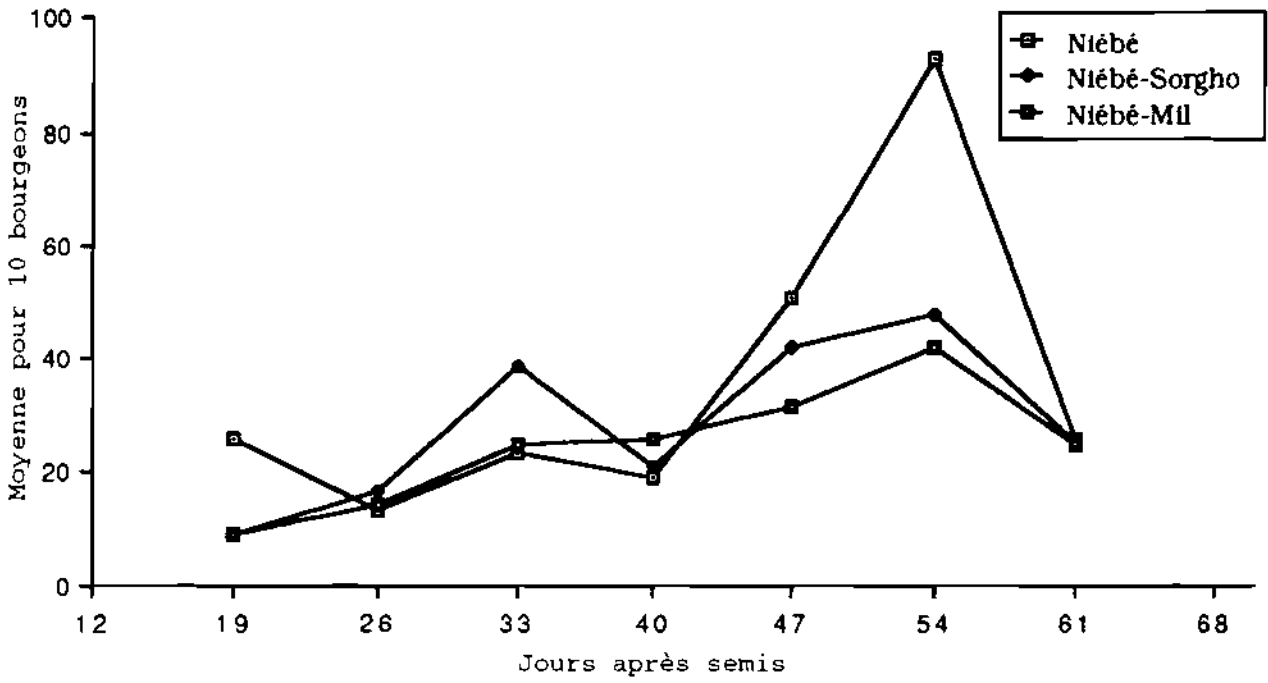


Figure 16. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de thrips dans les bourgeons terminaux du niébé, Gampéla, 1990

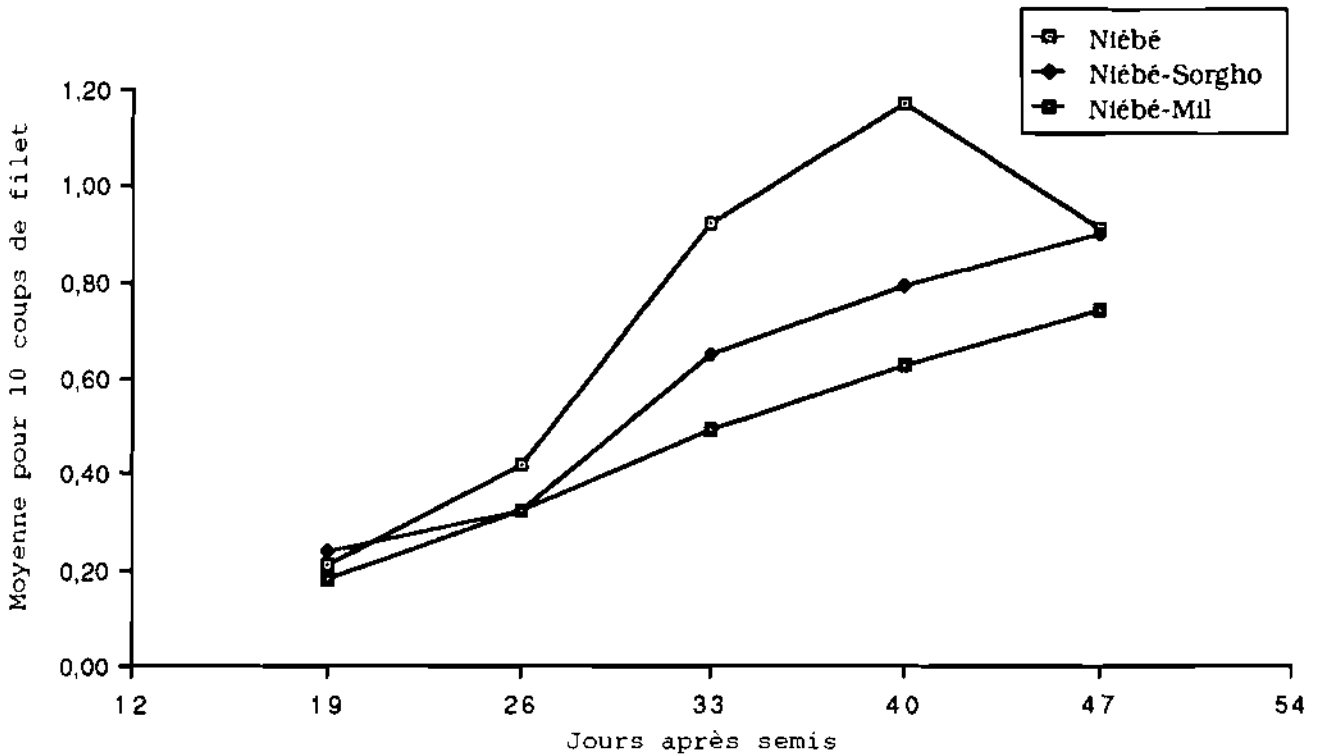


Figure 17. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution de la foliaire du niébé, Gampéla, 1990

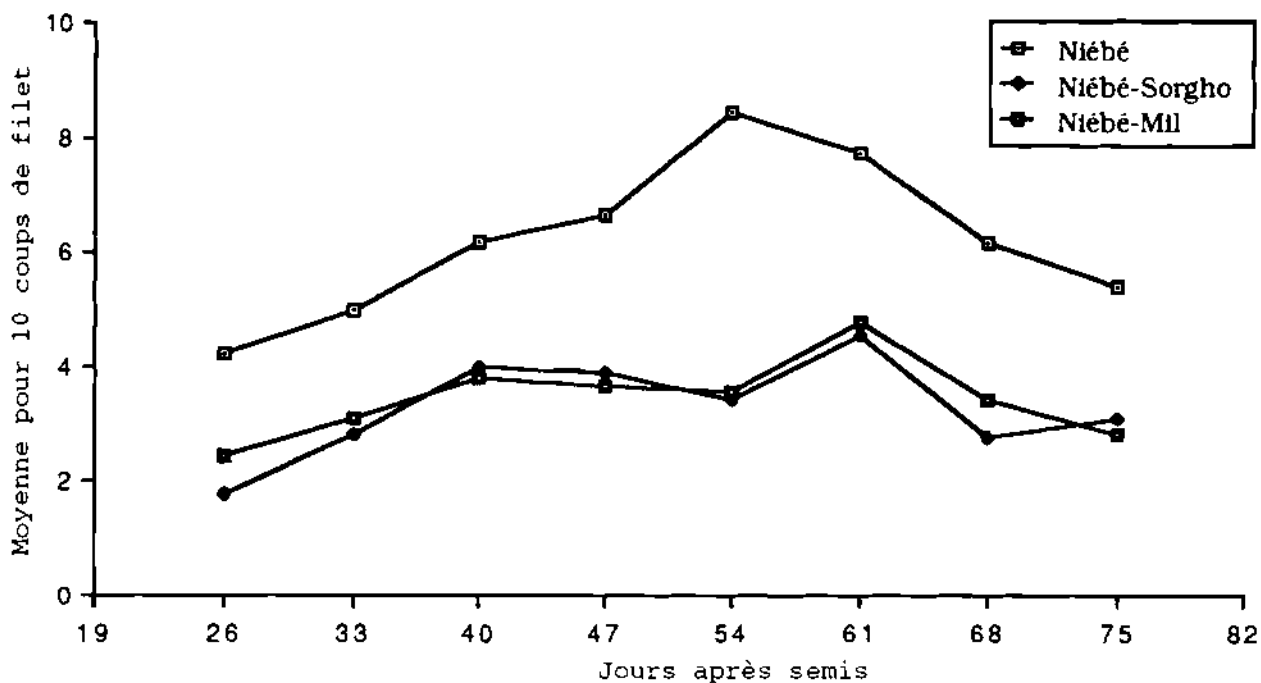


Figure 18. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de *Empoasca dolichi* Paoli sur le niébé, Gampéla, 1990

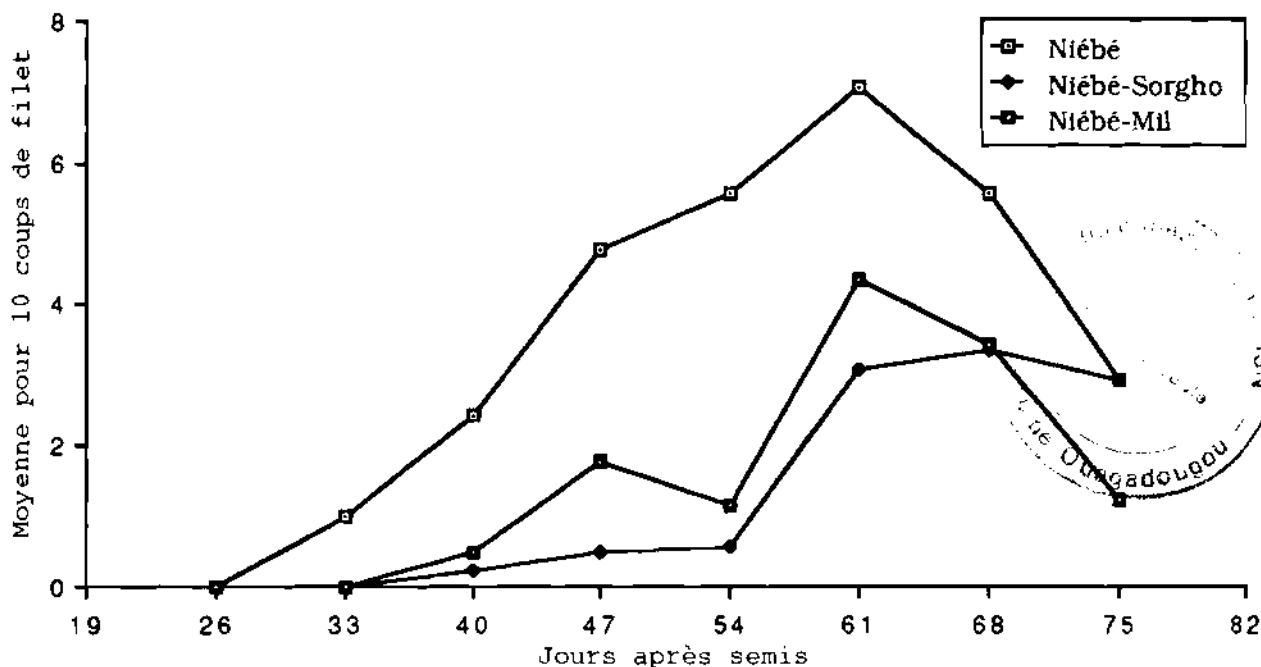


Figure 19. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des punaises suceuses des gousses (*Acanthomia* sp., *Anoplocnemis curvipes*, *Riptorpus dentipes*) sur le niébé, Gampéla, 1990

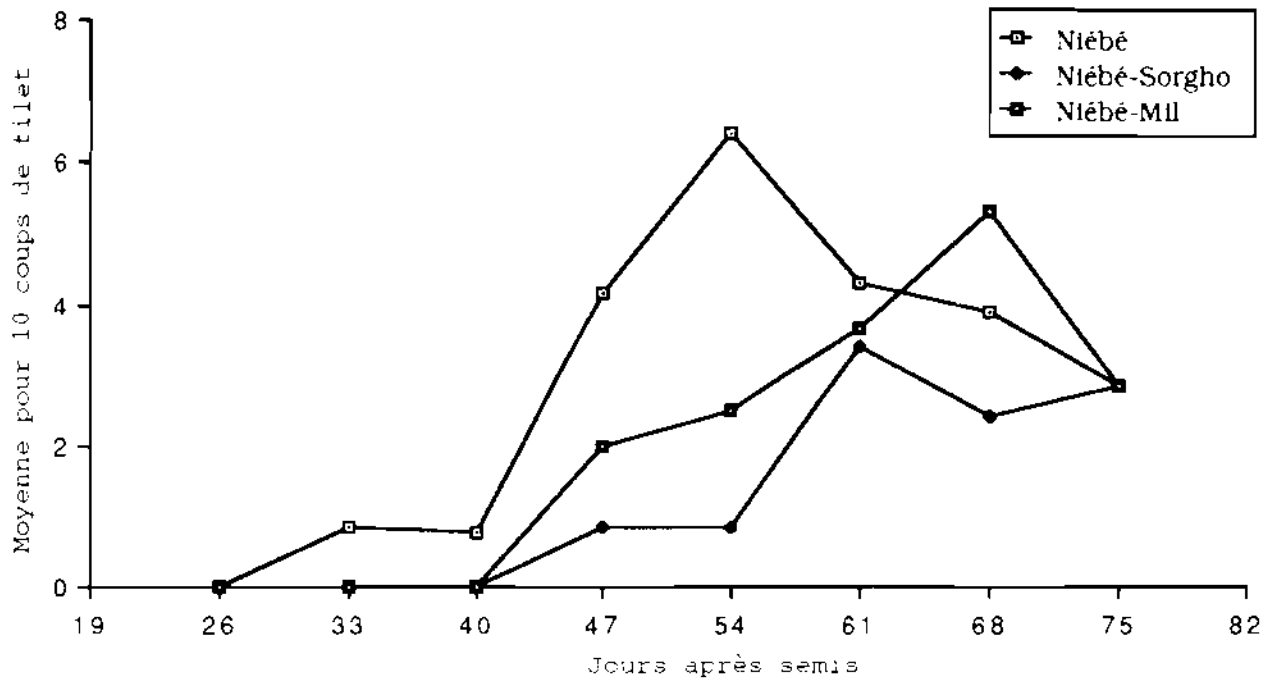


Figure 20. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de méloïdés sur le niébé, Gampéla, 1990

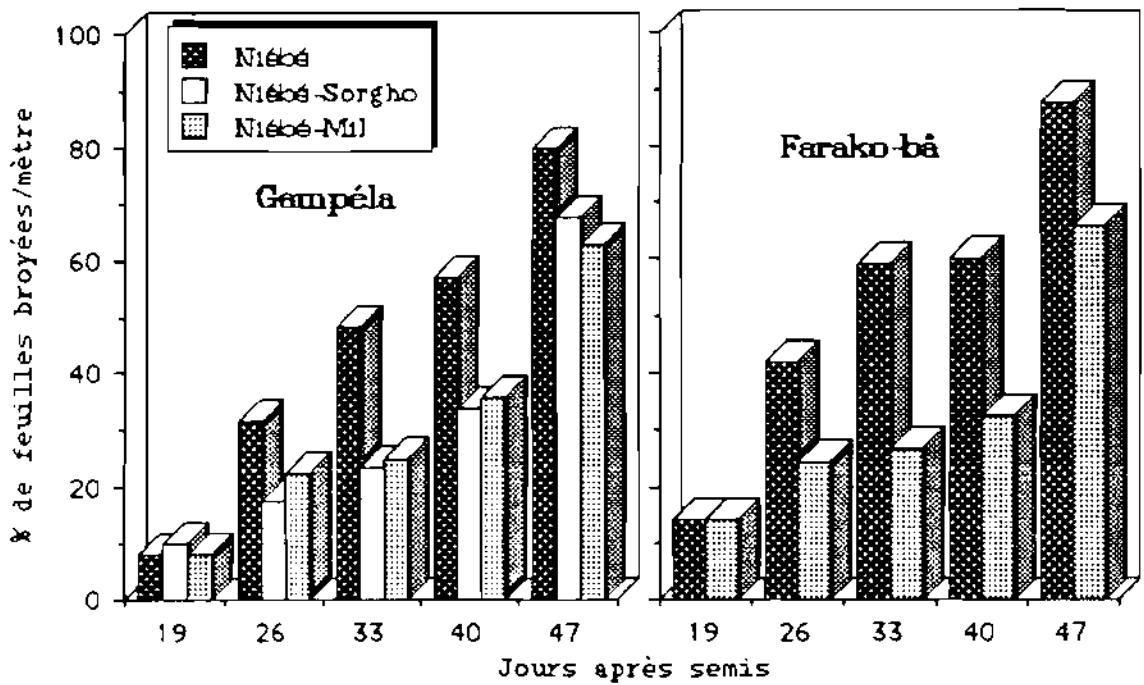


Figure 21. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur l'évolution des dégâts des broyeurs du feuillage (Coléoptères, Lépidoptères et Orthoptères) sur le niébé, 1990

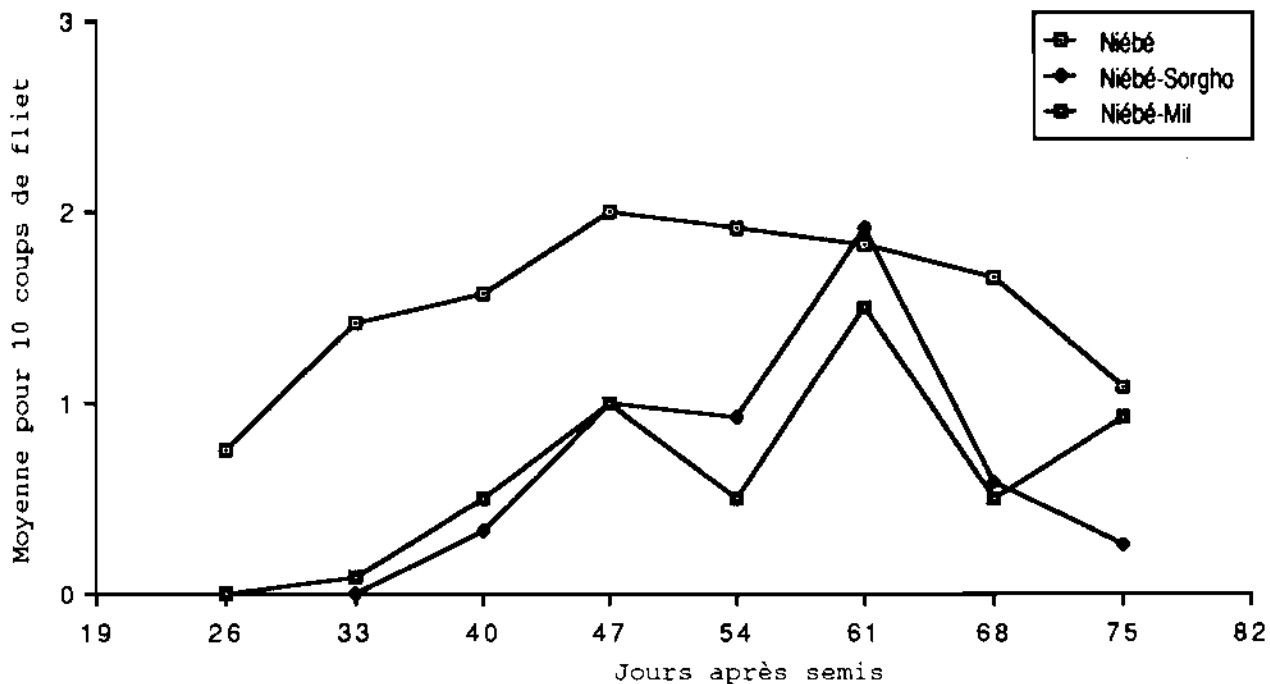


Figure 22. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des agromyzidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

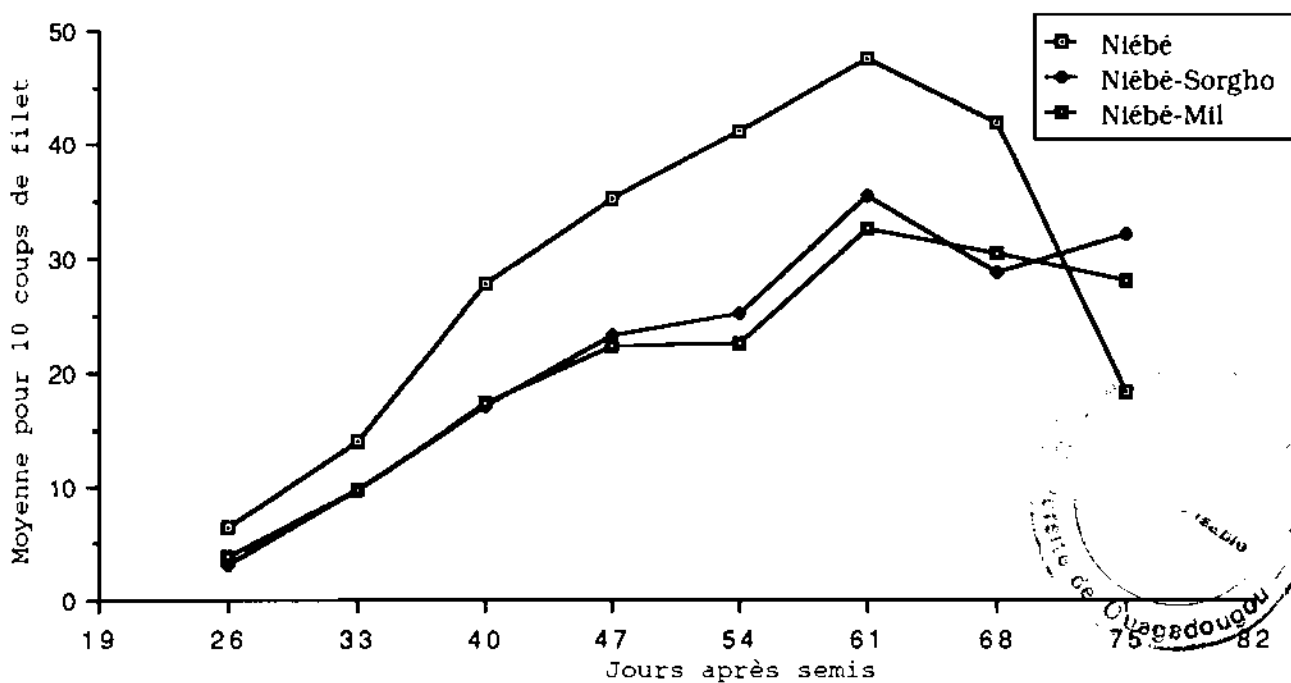


Figure 23. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes ravageurs sur le niébé, Gampéla, 1990

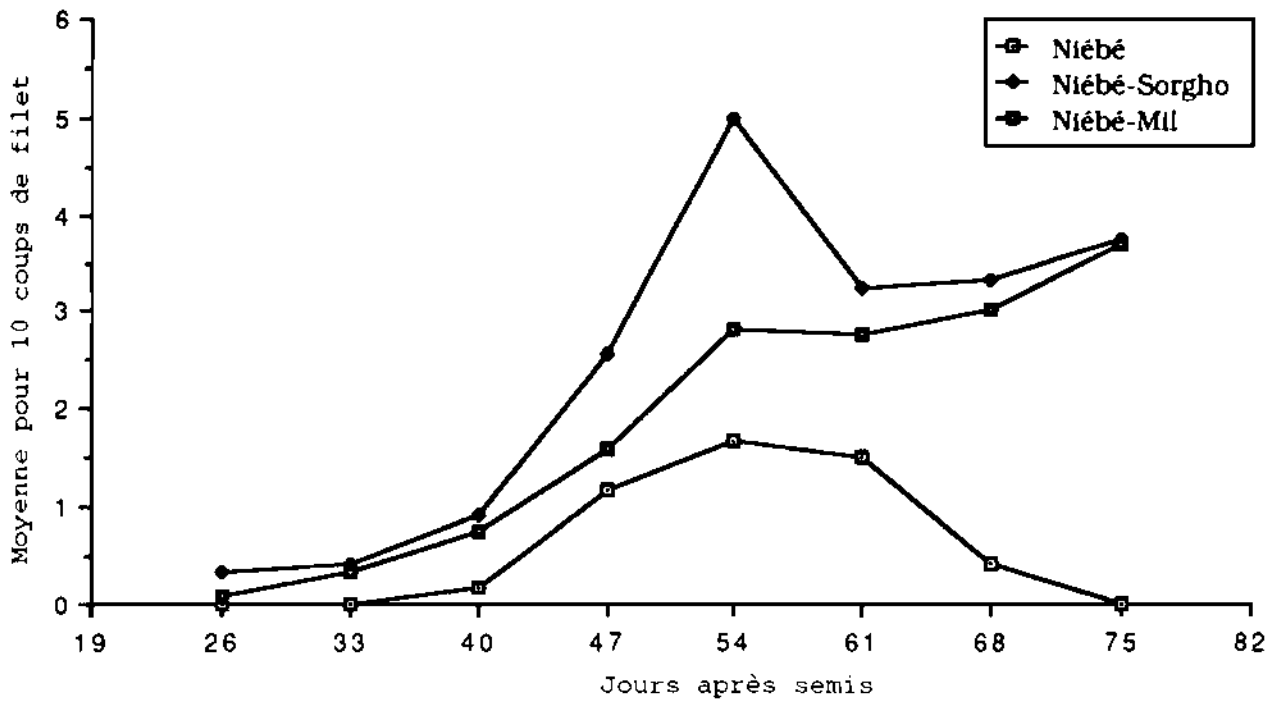


Figure 24. * Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations de coléoptères prédateurs sur le niébé, Gampéla, 1990

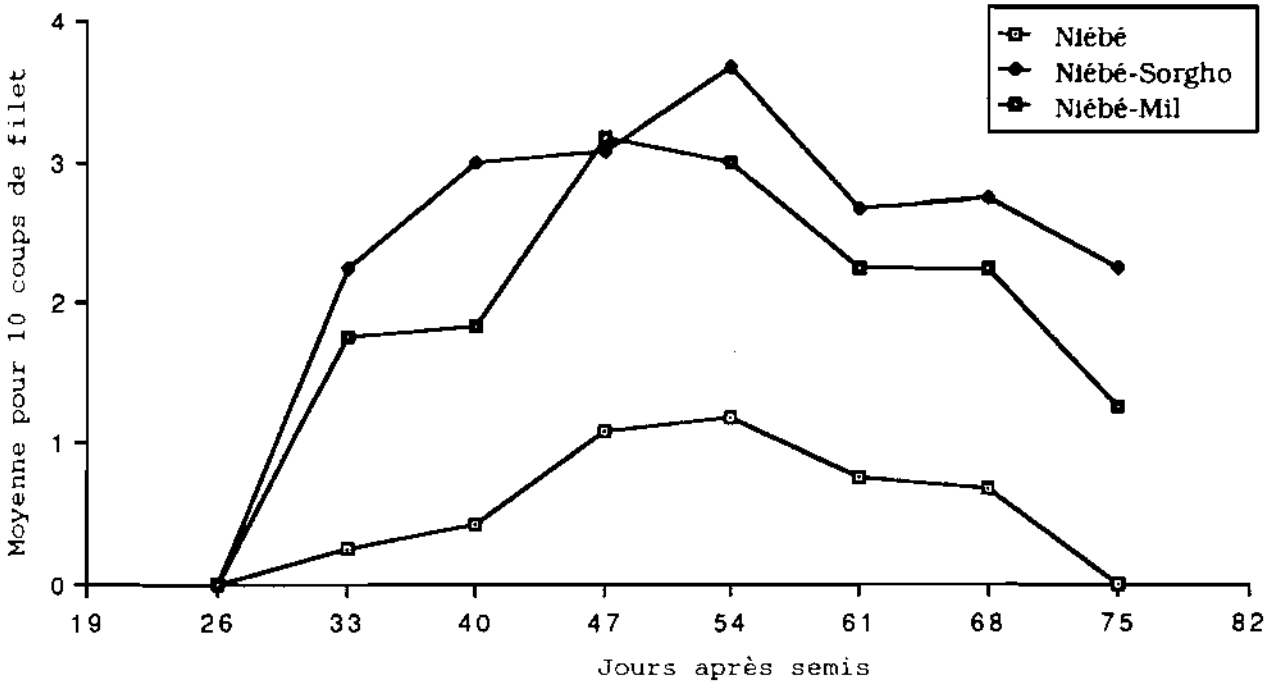


Figure 25. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des hémiptères prédateurs sur le niébé, Gampéla, 1990

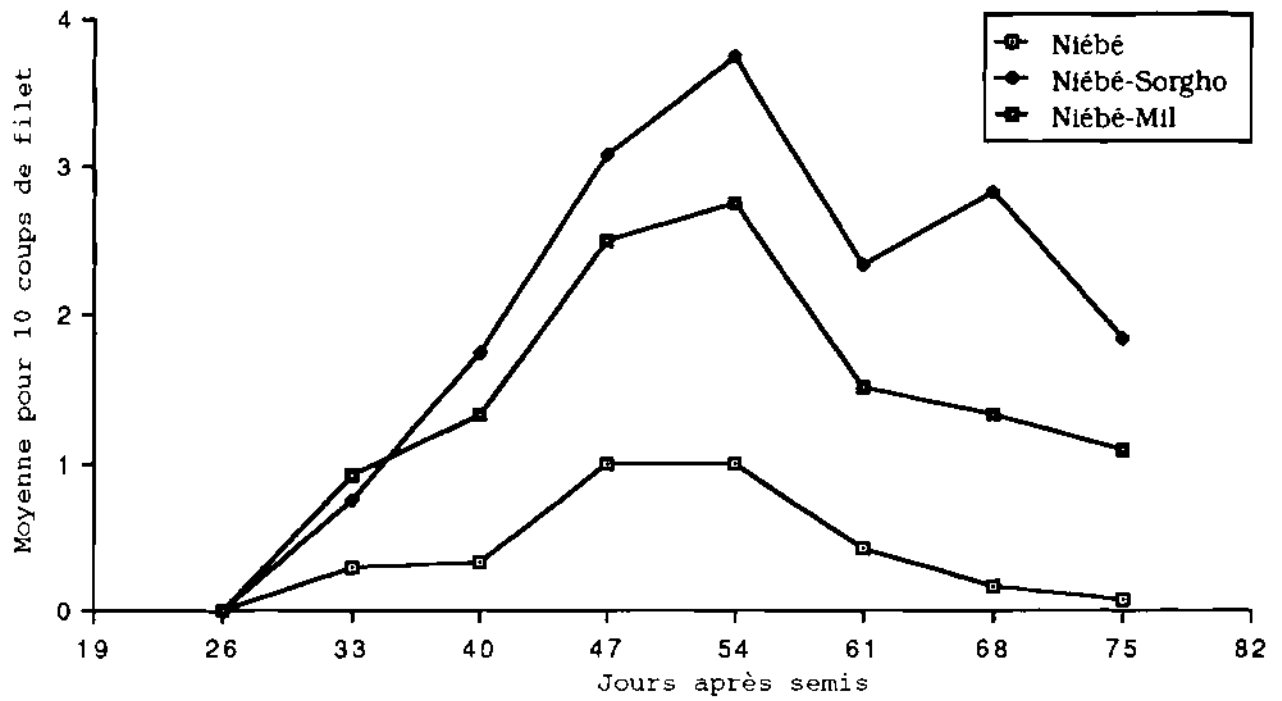


Figure 26. ⁴ Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des dolichopodidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

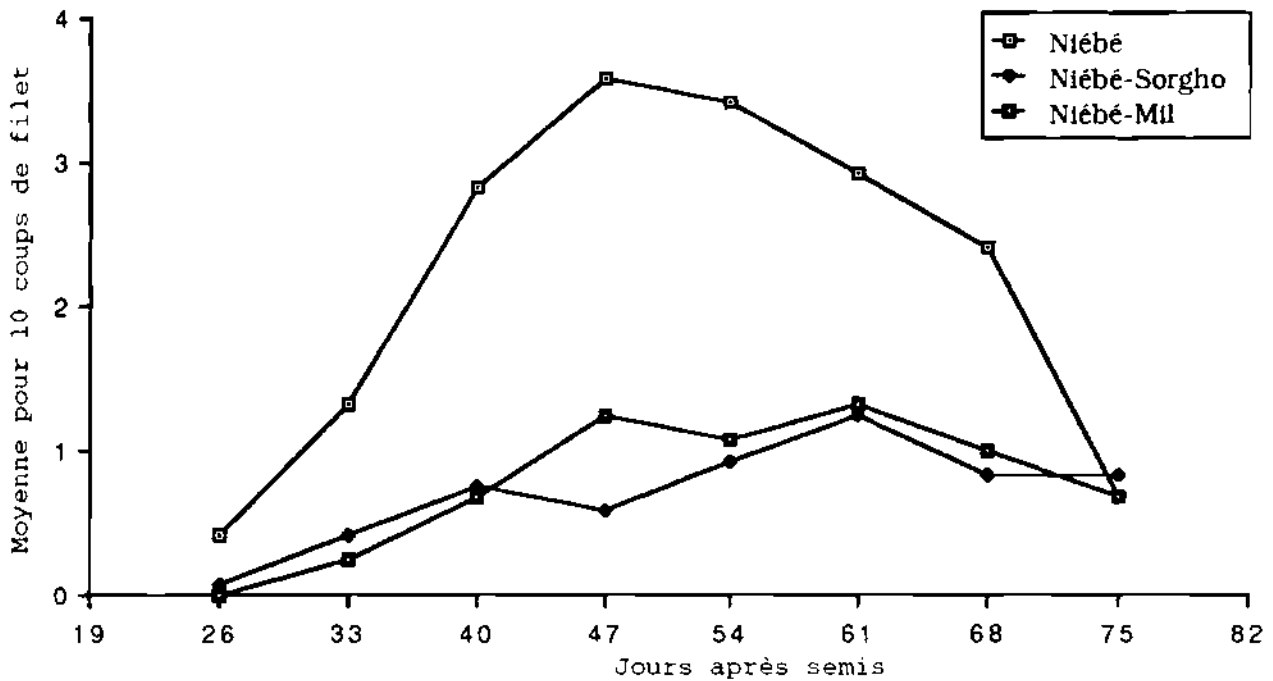


Figure 27. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des syrphidés (Diptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

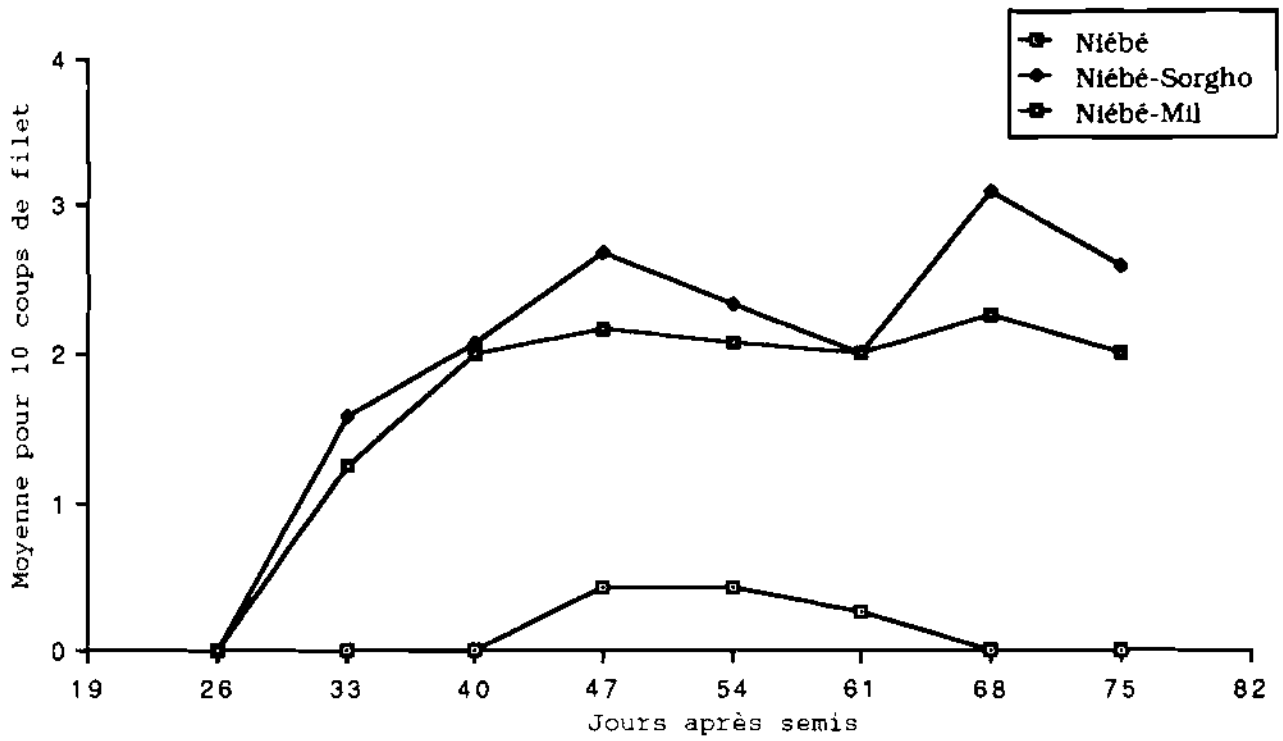


Figure 28. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des ichneumonidés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

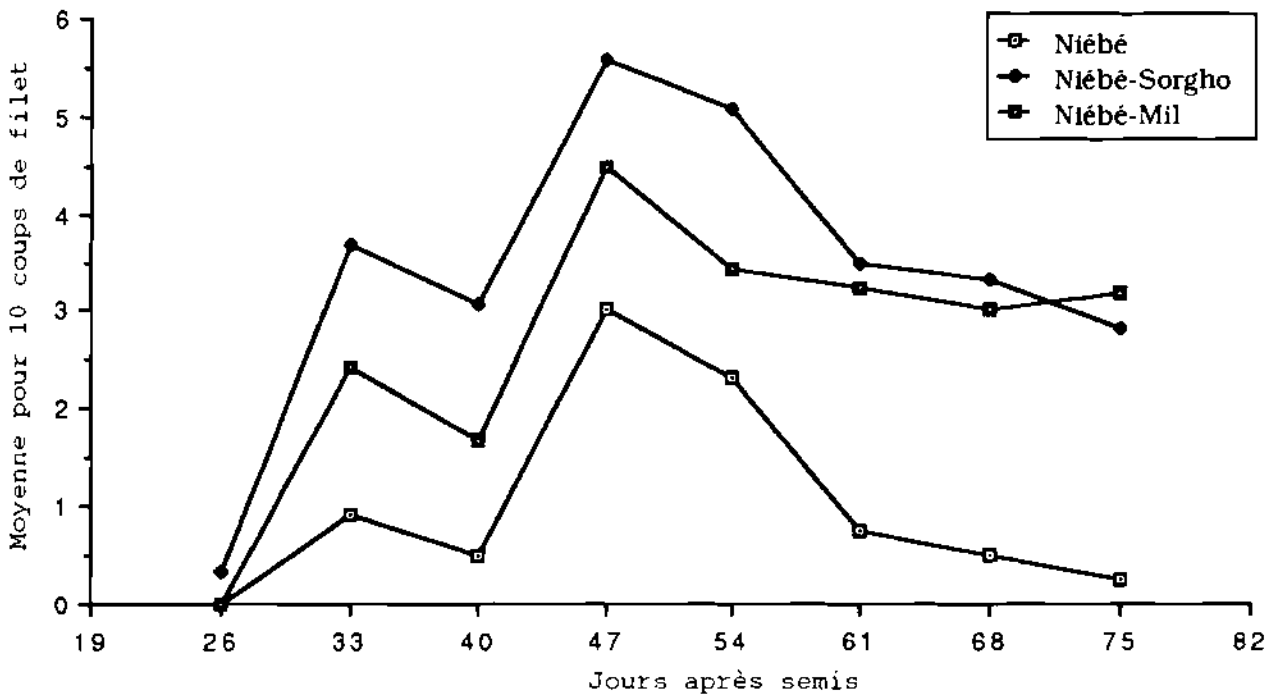


Figure 29. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des braconidés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

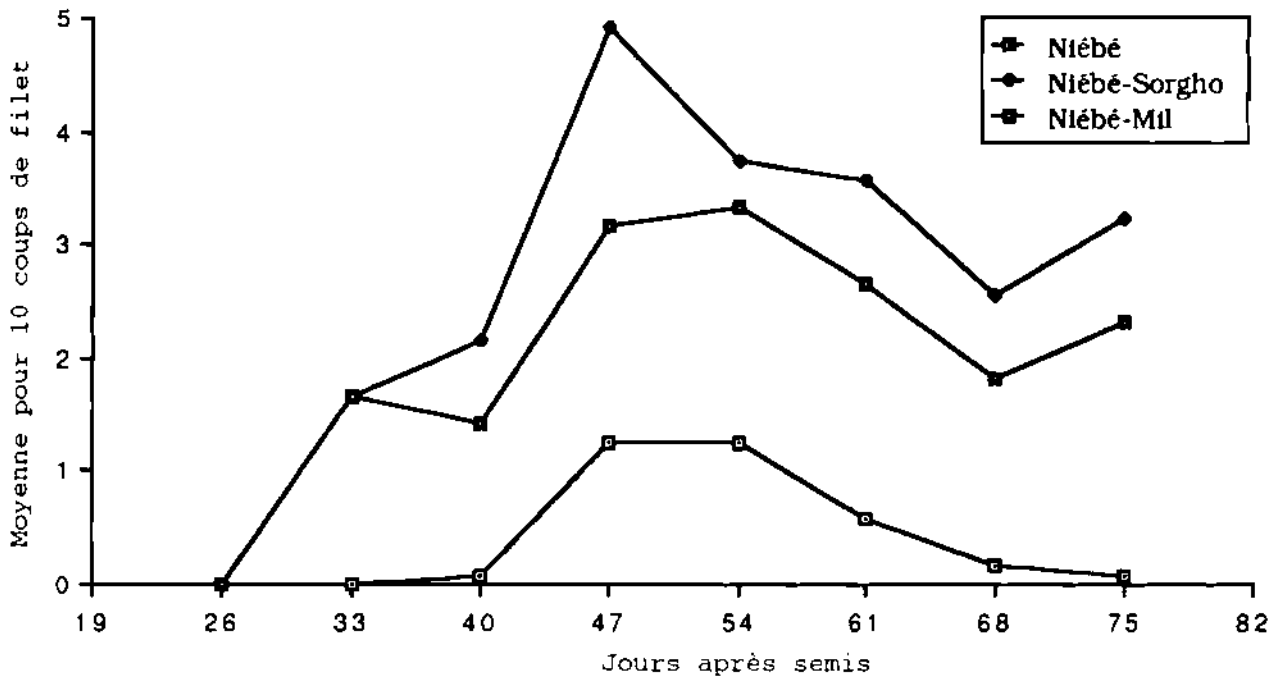


Figure 30. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations des chalcidoïdés (Hymenoptera) sur le niébé, Gampéla, 1990

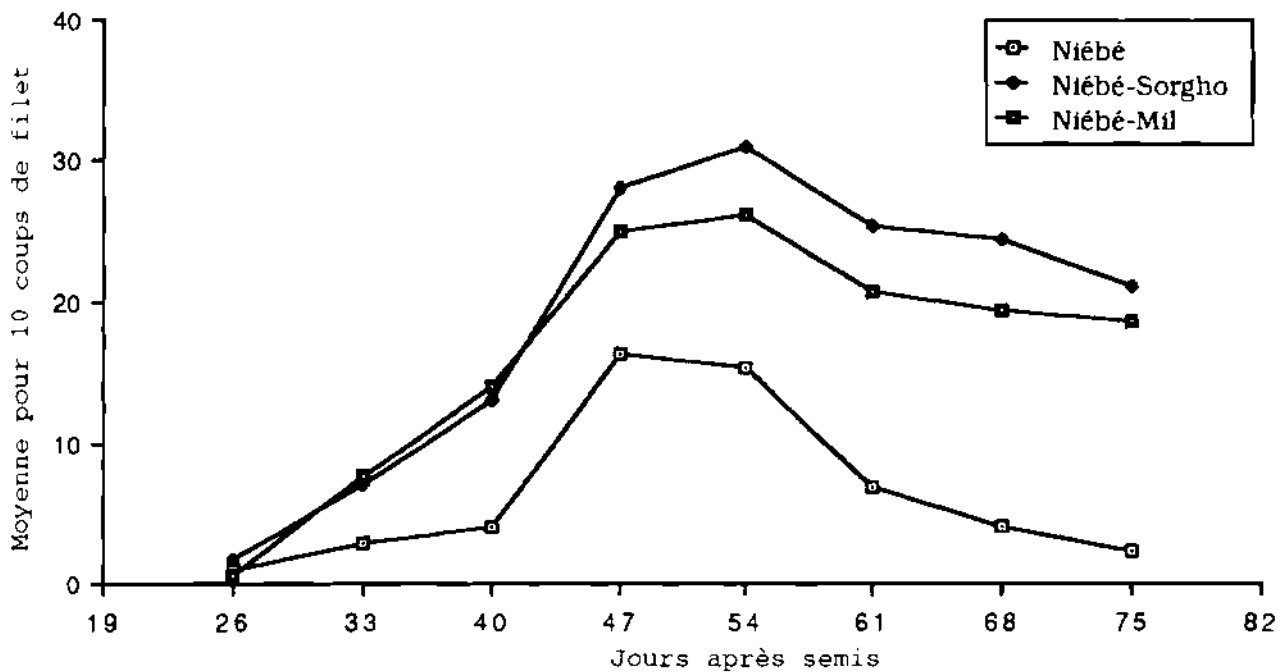


Figure 31. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur le niébé, Gampéla, 1990

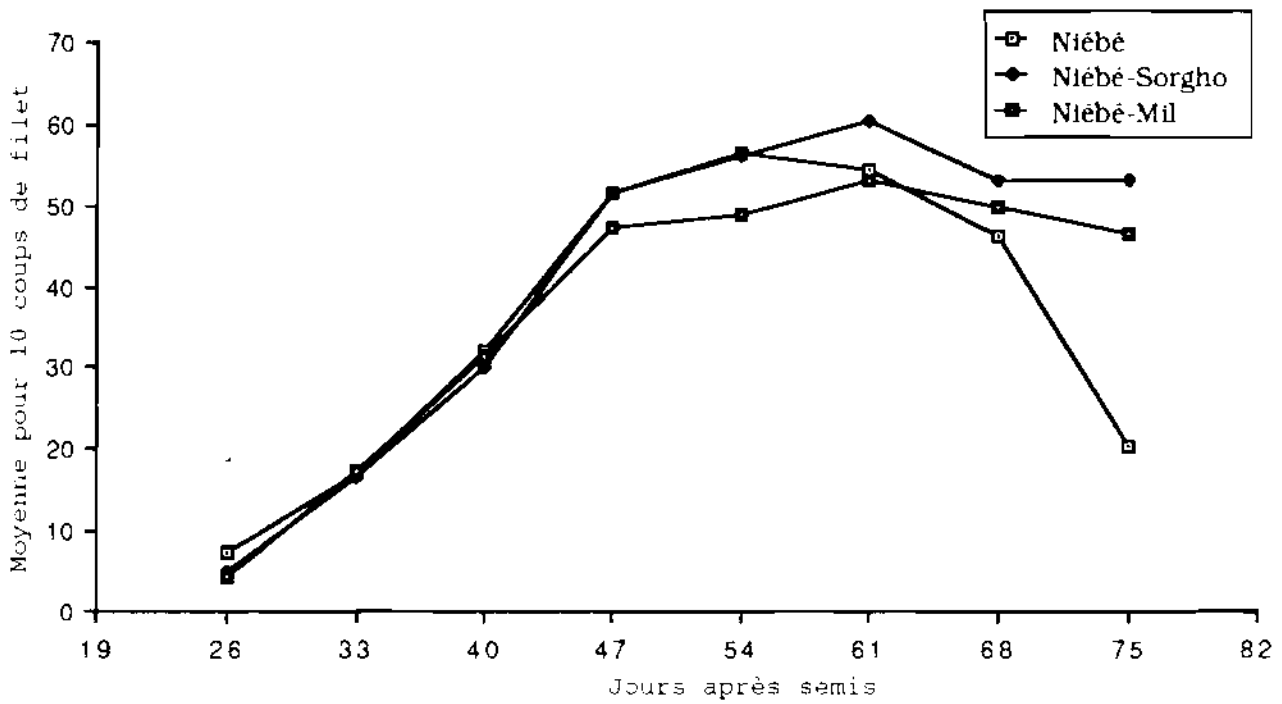


Figure 32. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les fluctuations des populations cumulées de tous les insectes (ravageurs, prédateurs, parasitoïdes) sur le niébé, Gampéla, 1990

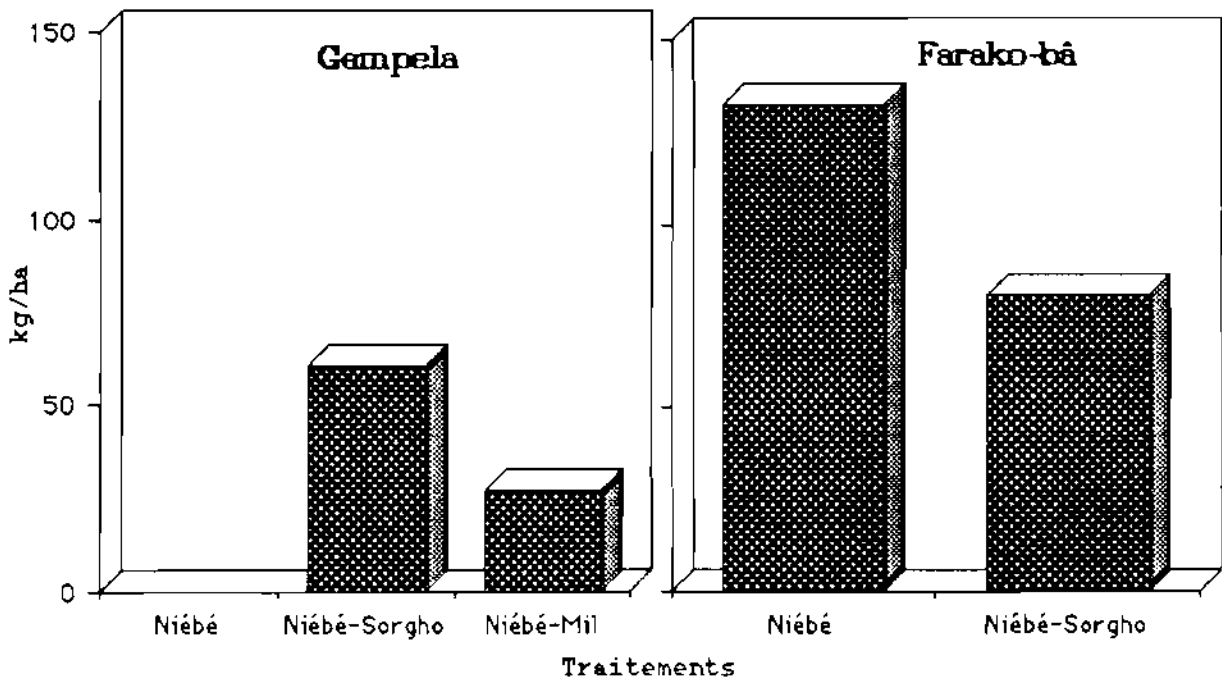


Figure 33. Effet de l'association avec le sorgho ou le mil sur les rendements en gousses du niébé, 1990

Chapitre VIII. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés au sorgho au champ

Le sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, est aujourd'hui l'une des principales cultures céréalières alimentaires du monde. Produit sur plus de 12 millions d'hectares en Afrique (Teetes et al., 1980), le sorgho constitue la base alimentaire de plusieurs millions d'Africains. Dans la zone ouest africaine, une faible proportion des superficies dévolues au sorgho est exploitée en culture pure. Il a été montré que seulement 1 à 27% des champs de sorgho rouge, et 10 à 50% de ceux du sorgho blanc sont en cultures pures, le reste étant exploité dans des systèmes d'association de cultures impliquant en plus du sorgho, d'autres céréales, des légumineuses, des plantes à racines, et quelque fois certaines cultures de rente (Sawadogo et al., 1985). Des auteurs, tels que Andrew (1972, 1974), Maïra et al., (1981) et Bontkes (1986), se sont intéressés à l'aspect agronomique des systèmes d'association de cultures impliquant le sorgho. D'autres auteurs ont porté leur attention sur l'effet des systèmes d'association sur les populations d'insectes inféodés, soit au sorgho, soit aux espèces végétales accompagnant le sorgho dans l'association (ICRISAT, 1980; Matteson, 1982; Amoako-Atta et al., 1983; Amoako-Atta et Omolo, 1983; Ogwaro, 1983). Cependant, il faut signaler, qu'à l'exception des observations faites sur les populations de lépidoptères, la plupart des travaux se sont intéressés plutôt aux insectes inféodés aux légumineuses (arachide, niébé, pois d'Angole) cultivées en association avec le sorgho.

Dans la présente étude, nous avons tenté d'évaluer l'impact des systèmes d'association incluant le niébé, l'arachide et le sorgho sur les populations de principaux insectes ravageurs du sorgho. L'effet de ces mêmes systèmes d'association sur les populations des arthropodes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur le sorgho, ainsi que l'effet sur les rendements en grains du sorgho ont été également appréciés.

Matériels et méthodes

Sites expérimentaux. Les essais ont été menés sur les stations de recherche agronomique de Gampéla et de Farako-bâ, dont les caractéristiques physiques sont décrites en page 60.

Dispositif expérimental. Le dispositif expérimental utilisé a été un dispositif en blocs Fisher à 3 traitements, répétés 4 fois, dont : (1) Sorgho (E 35-1) en culture pure; (2) Association Sorgho (E 35-1) - Niébé (TVx 3236); (3) Association Sorgho (E 35-1) - Arachide (TS 32-1).

Pratiques culturales. Les semis ont été effectués, le 10 juillet à Farako-bâ et le 12 juillet à Gampéla, aux densités de 0,25 m x 1,00 m (inter-poquet x inter-ligne) en culture pure et 0,25 m x 1,25 m (inter-poquet x inter-ligne) en association avec les légumineuses. Les travaux d'entretien et de fertilisation étaient les mêmes que ceux mentionnés pour l'arachide.

Echantillonnage des populations des insectes. Les densités de populations des insectes inféodés à la céréale ont été estimées aussi bien au cours des phases de croissance végétative que reproductive.

Pendant les phases végétatives de la céréale, nous avons utilisé successivement deux méthodes d'échantillonnage pour quantifier les densités de populations des insectes. D'abord dès le 26^e jour après semis, nous avons débuté le fauchage hebdomadaire au filet. Dans chaque parcelle

comportant la céréales nous avons prélevé 3 échantillons de 10 coups de filet chacun sur une ligne de culture (6 m). Les échantillons transférés dans des sachets plastiques étiquetés munis de fermeture, sont ramenés au laboratoire pour identification et comptage des insectes. Lorsque les plants de céréales ont atteint une taille de 0,8 à 1 m, (6 à 7 feuilles), il était devenu pratiquement impossible de continuer le fauchage au filet et nous étions amenés à adopter une méthode de battage utilisant une nappe de chasse ou "parapluie japonais". La méthode consiste à tenir obliquement la nappe de chasse à proximité des plants et à battre ensuite les tiges et les feuilles de manière à faire tomber les insectes sur la toile. Nous procédions rapidement sur place au dénombrement de différents spécimens. Nous avons réalisé 3 battages par parcelle élémentaire. L'utilisation de cette méthode a été faite hebdomadairement jusqu'à la floraison de la céréale.

Au cours des phases reproductives de la céréale, l'échantillonnage a porté exclusivement sur les insectes inféodés aux organes reproducteurs. Les stades de reproduction échantillonnés étaient les suivants :

- anthèse
- grains laitieux
- grains pâteux
- maturation des grains

Au cours de chacune de ces stades, nous avons prélevé 5% de panicules ou d'épis par parcelle élémentaire. Ce seuil de 5% a été retenu pour avoir un échantillon aussi représentatif que possible tout en évitant de détruire un grand nombre de plants, ce qui pourrait modifier sensiblement l'état physique de la parcelle.

Pour le prélèvement nous avons fait usage de la méthode utilisée par Chamberlain et al. (1988). Cette méthode consiste à ensacher préalablement la panicule dans une grande enveloppe en papier, puis à couper l'organe ainsi enveloppé. Les panicules sont ensuite fortement secouées à l'intérieur des enveloppes puis celles-ci sont refermées étanchement.

Identification des insectes. (Voir section "Matériels et méthodes" (pages 62).

Quantification des dégâts des insectes nuisibles. Les dégâts sur la céréale ont essentiellement concerné les dégâts de la mouche du pied et ceux des foreurs de tiges. Pour la mouche du pied, nous avons déterminé le taux d'attaque en comptant sur deux lignes de culture choisies au hasard le pourcentage de pieds attaqués (symptôme du "cœur mort").

Pour les foreurs des tiges, nous avons fixé la taille des échantillons à 5% des tiges de chaque parcelle comportant une céréale. Ainsi toutes les deux semaines nous avons examiné, dans chaque parcelle, des tiges prises au hasard sur les lignes de bordure. Sur chaque tige choisie nous recherchions, sur toute la longueur, les éventuels trous de pénétration de larves de lépidoptères. Chaque fois qu'au moins un trou est repéré, nous coupions la tige à sa base puis nous la fendions longitudinalement. Sur chaque tige ainsi fendue nous comptons :

- le nombre de larves de lépidoptères
- le nombre total de nœuds
- le nombre de nœuds attaqués

Nous avons également prélevé des spécimens de différents types de larves rencontrés pour une identification ultérieure.

Détermination des rendements. Les rendements à la récolte de la céréale ont été estimés par les procédures décrites en pages 64 à 65.

Analyses statistiques. Les détails sur les procédures et programmes statistiques utilisés pour analyser les densités de populations, les dégâts et les différents rendements sont décrites en pages 65.

Résultats et discussion

Les insectes ravageurs

Les homoptères. Les populations des homoptères sur le sorgho dans les parcelles de culture pure et celles des associations étaient composées essentiellement de jassidés, de cercopidés, et de delphacidés. Mais il a été rencontré aussi des dictyopharidés et des derbidés. Les populations des homoptères ont été collectées régulièrement au cours des échantillonnages au filet et au battage. Le Tableau 33 présente l'effet de l'association du sorgho avec le niébé et l'arachide sur les densités de populations de ces ravageurs. On peut y noter que les densités de populations des homoptères collectés au filet et au battage sur le sorgho en culture pure ont été, à toutes les dates d'échantillonnage, significativement plus élevées que celles collectées sur le sorgho en association avec les légumineuses. Il peut être également observé que dans les échantillons du battage, les populations des homoptères ont été plus importantes sur le sorgho associé à l'arachide que dans l'association sorgho-niébé, même si les différences entre les 2 systèmes d'association ne sont pas significatives. L'association avec l'arachide a donc quelque peu favorisé le développement des populations de ces insectes nuisibles sur le sorgho.

Les coléoptères phytophages. Les populations des coléoptères phytophages collectés au filet et au battage sur le sorgho dans les différents traitements comprenaient principalement des insectes de la familles des chrysomelidés. Dans les panicules, en plus des chrysomelidés, les ténébrionidés, les nitidulidés et les méloidés ont été aussi collectés. Comme le montre le tableau 33, les densités de populations des coléoptères collectés au filet sur le sorgho associé à l'arachide ont été, à 2 dates d'échantillonnage sur les 3, significativement plus réduites que celles des populations collectées sur le sorgho en culture pure ou en association avec le niébé. Par contre, on peut également noter que dans les échantillons du battage, les densités des populations des coléoptères phytophages collectés sur le sorgho associé au niébé ont été, généralement, significativement plus réduites que celles observées dans les 2 autres traitements qui n'ont pas présenté de différences significatives entre eux. Il apparaît donc que selon la méthode d'échantillonnage et la période de croissance du sorgho échantillonnée l'arachide et le niébé ont quelque peu influencé la colonisation des plants de la céréale par ces insectes nuisibles. Par contre, les densités de populations des coléoptères phytophages dans les panicules du sorgho n'ont pas été significativement affectées par l'association du sorgho avec les 2 légumineuses (Tableau 34)

Les hémiptères phytophages. Les populations des hémiptères phytophages collectés au filet et au battage sur le sorgho dans les 3 agro-écosystèmes étaient constituées essentiellement de miridés. Dans les panicules, on trouvait, en plus des miridés, surtout des pentatomidés. Le Tableau 33 montre que dans les échantillons du filet les populations des hémiptères phytophages ont été significativement

moins importantes sur le sorgho associé à l'arachide que sur le sorgho en culture pure ou en association avec le niébé. Alors que les densités de populations de ces insectes dans les 3 traitements estimées par la méthode du battage, n'ont été significativement différentes qu'à la dernière date d'échantillonnage seulement. Comme le montre le tableau 34, les populations des hémiptères phytophages dans les panicules du sorgho n'ont pas été significativement affectées par l'association avec les légumineuses.

Les lépidoptères. Ces insectes étaient très rarement collectés par le fauchage au filet et/ou PAR le battage. De même, seules les larves de pyralidés ont été collectées dans les tiges. Les pyralidés et les nolidés constituaient l'essentiel de lépidoptères collectés dans les panicules. Comme l'indique le tableau 34, les populations de larves de lépidoptères dans les panicules du sorgho en culture pure ont été significativement plus importantes que celles observées dans les panicules du sorgho associé aux légumineuses. L'effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les taux d'infestations des tiges de sorgho par les larves des lépidoptères est présenté par le tableau 35. On y note que, tant pour le pourcentage de tiges attaquées que pour le nombre de larves par tiges attaquée, il n'y a eu aucune différence significative entre les différents traitements. Certains auteurs ont noté des effets variables de l'association de cultures sur les populations et les dégâts de ces insectes. Amoako-Atta et al. (1983) ont noté une réduction des populations de *Chilo partellus* sur le sorgho associé au niébé, alors que celles de *Busseola fusca*, *Sesamia calamistis*, et *Eldana saccharina* n'ont pas été significativement affectées. Doumbia (1990) mentionne aussi des réductions des infestations du sorgho par *C. partellus* dans des associations céréales/légumineuses. Ogwaro (1983) a observé que l'association maïs-sorgho augmente les densités de populations des borers de tiges sur le maïs, alors que les populations de ces insectes sur le sorgho ne sont pas affectées. Lambert et al. (1987) et Martin et al. (1989) ont noté des réductions des densités de populations et des dégâts de *Ostrinia nubilalis* (Hubner) sur le maïs associé au trèfle ou au soja. Il convient de signaler que nous n'avons pas observé d'attaques par la mouche du pied dans les différents traitements. Mais Doumbia (1990) signale que les pertes dues à *Atherigona soccata* sont réduites lorsque le sorgho est cultivé en association avec une légumineuse tel que le pois d'Angole.

Les arthropodes utiles

Les coléoptères prédateurs. Les populations de coléoptères prédateurs ont été estimées par le battage des plants de la céréale et la dissection des panicules. Ce groupe d'insectes utiles a été particulièrement dominé par la famille des staphilinidés. L'effet de l'association du sorgho avec les légumineuses sur l'ensemble de ces prédateurs sur les parties végétatives et dans les panicules est présenté dans les tableaux 33 et 35, respectivement. Les densités de populations des coléoptères prédateurs dans les parcelles d'association avec les légumineuses, estimées par la méthode de battage, ont été, généralement, significativement plus élevées que celles des populations collectées dans les parcelles pures de sorgho (Tableau 36). Dans les panicules, les populations de ces insectes n'ont pas été significativement affectées par l'association avec le niébé ou l'arachide, bien que les populations de ces insectes aient été plus importantes dans les associations que dans la culture pure.

Les hémiptères prédateurs. Collectés seulement lors du fauchage au filet, les densités de

populations des hémiptères prédateurs n'étaient pas significativement différentes dans les 3 traitements (Tableau 36).

Les hyménoptères. Les densités de populations des hyménoptères sur le sorgho associé aux légumineuses, estimées par la méthode du filet, ont été significativement plus élevées que celles observées dans les parcelles de sorgho en culture pure (Tableau 36). De même, les populations des hyménoptères dans les panicules du sorgho associé aux légumineuses, ont été plus importantes que celles collectées sur le sorgho en culture pure, même si les différences observées n'ont pas été significatives (Tableau 34). D'une manière générale, l'association avec les légumineuses a donc favorisé le développement des populations des hyménoptères sur le sorgho due essentiellement à l'importance du couvert végétal dans les parcelles associées.

Les dermoptères. Comme l'indique le tableau 36, les populations de ces insectes, sur les feuilles et les tiges des plants de sorgho, n'ont pas été significativement affectées par l'association. Par contre, dans les panicules, les densités de populations des dermoptères ont été significativement plus élevées dans la culture pure que dans les associations (Tableau 34). Ces observations sont peut-être dues au fait que les dermoptères consomment beaucoup le pollen, et de ce fait, le plus grand nombre de panicules dans la culture pure a pu les attirer en plus grand nombre dans ce type de parcelles.

Les acariens. Les populations des acariens ont été estimées par le battage des plants et le prélèvement des panicules. Comme le montrent les tableaux 33 et 35, les populations des acariens n'ont nullement été affectées par l'association du sorgho avec le niébé et l'arachide.

Les rendements en grains du sorgho. Les rendements en grains du sorgho en culture pure et ceux dans les associations avec les 2 légumineuses n'ont pas été significativement différents aussi bien à Gampéla qu'à Farako-bâ (Tableau 37). Il est même ressorti, dans les 2 localités, que les rendements en grains du sorgho associé au niébé ont été supérieurs à ceux obtenus dans les 2 autres traitements (Figure 34). Ces observations sont contraires à la plupart des résultats obtenus par plusieurs auteurs. En effet, il a été couramment noté que l'association de cultures réduisait les productions individuelles de chacune des espèces végétales associées. Maïra et al. (1981) ont, par exemple, observé que l'association avec le haricot peut réduire de 56% les rendements en grains du sorgho, et de 32% ceux du maïs. A Gampéla, l'association sorgho-arachide a montré un avantage en rendement global de 9% (LER = 1,09) sur la culture pure. A Farako-bâ, des avantages de 13% (LER = 1,13) et de 66% (LER = 1,66) ont été obtenus dans les associations sorgho-arachide et sorgho-niébé, respectivement.

Conclusions

L'association du sorgho avec les légumineuses a eu des effets variables sur les populations des insectes nuisibles de la céréale. Si les populations des homoptères ont été significativement réduites dans les parcelles d'association du sorgho avec les deux légumineuses, il est ressorti, néanmoins, que le niébé et l'arachide ont favorisé le développement des populations des hémiptères et des coléoptères phytophages sur le sorgho, respectivement. De plus, les infestations des tiges du sorgho par les lépidoptères foreurs de tiges n'ont pas été affectées par les systèmes d'association. Toute fois, les

populations des lépidoptères inféodés aux panicules du sorgho ont été significativement moins importantes dans les parcelles d'association que dans celles de la culture pure de sorgho.

En ce qui concerne les populations des arthropodes utiles, l'étude a permis de montrer que l'association du sorgho avec le niébé ou l'arachide favorise le développement des populations des coléoptères prédateurs et des hyménoptères sur la céréale. Par contre, cela n'a pas eu d'effet significatif sur les populations des hémiptères prédateurs, des acariens et des dermoptères, et même que ces derniers ont été plus abondants dans les panicules du sorgho en culture pure que dans les parcelles d'association du sorgho avec les légumineuses.

L'association avec le niébé ou l'arachide n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements en grains du sorgho, bien que les rendements du sorgho ont été plus importants dans l'association sorgho-niébé.

Tableau 33. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations					
		Homoptères		Coléoptères		Hémiptères	
		Filet ²	Battage ³	Filet	Battage	Filet	Battage
Sorgho	26	5,92 a [*]	-	5,67 a	-	2,33 a	-
Sorgho-Niébé	26	2,69 b	-	4,00 b	-	1,15 b	-
Sorgho-Arachide	26	2,64 b	-	3,27 b	-	1,27 b	-
Sorgho	33	6,33 a	-	5,00 a	-	4,08 a	-
Sorgho-Niébé	33	3,77 b	-	4,15 a	-	2,39 ab	-
Sorgho-Arachide	33	3,18 b	-	2,73 b	-	2,27 b	-
Sorgho	40	6,92 a	-	4,00 a	-	4,33 ab	-
Sorgho-Niébé	40	4,00 b	-	2,50 a	-	6,15 a	-
Sorgho-Arachide	40	4,00 b	-	3,00 a	-	2,18 b	-
Sorgho	47	-	5,08 a	-	4,00 a	-	4,50 a
Sorgho-Niébé	47	-	1,75 b	-	2,50 b	-	6,75 a
Sorgho-Arachide	47	-	2,75 b	-	3,00 b	-	6,00 a
Sorgho	54	-	5,33 a	-	10,50 a	-	11,00 a
Sorgho-Niébé	54	-	2,75 b	-	5,75 b	-	9,75 a
Sorgho-Arachide	54	-	3,08 b	-	8,75 ab	-	8,25 a
Sorgho	61	-	6,33 a	-	14,50 a	-	15,00 a
Sorgho-Niébé	61	-	2,92 b	-	7,50 b	-	13,25 a
Sorgho-Arachide	61	-	3,83 b	-	12,00 a	-	11,00 a
Sorgho	68	-	5,92 a	-	16,25 a	-	14,00 a
Sorgho-Niébé	68	-	2,67 b	-	9,25 b	-	10,75 ab
Sorgho-Arachide	68	-	3,25 b	-	13,75 ab	-	9,00 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

³ Nombre d'individus par échantillon

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 34. Densités moyennes de populations d'insectes et d'acariens dans les panicules du sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

culture	n. JAS ¹	Densités moyennes de populations par panicule						
		Coléoptères prédateurs	Coléoptères phytophages	Hémiptères	Lépidoptères	Hyménoptères	Dermaptères	Acariens
Sorgho	77	4,50 a*	4,00 a	4,38 a	7,25 a	7,50 a	17,25 a	5,00 a
Sorgho-Niébé	77	5,00 a	4,11 a	4,42 a	3,75 b	10,75 a	8,00 a	4,25 a
Sorgho-Arachide	77	4,25 a	4,41 a	4,74 a	3,25 b	10,00 a	10,00 a	4,50 a
Sorgho	84	4,75 a	4,86 a	5,33 a	6,75 a	6,00 a	11,75 a	5,75 a
Sorgho-Niébé	84	9,25 a	5,02 a	5,40 a	4,25 b	9,50 a	5,50 b	8,00 a
Sorgho-Arachide	84	6,50 a	4,77 a	5,23 a	4,00 b	7,75 a	7,75 b	6,50 a
Sorgho	91	6,25 a	5,86 a	6,30 a	9,00 a	8,00 a	16,00 a	7,75 a
Sorgho-Niébé	91	12,50 a	5,48 a	5,89 a	5,50 b	12,75 a	7,25 b	10,75 a
Sorgho-Arachide	91	8,50 a	7,00 a	7,53 a	5,25 b	10,25 a	10,50 ab	8,75 a
Sorgho	98	7,50 a	4,64 a	4,98 a	6,75 a	6,25 a	12,75 a	9,75 a
Sorgho-Niébé	98	14,50 a	5,55 a	5,97 a	4,25 b	10,25 a	6,00 b	13,50 a
Sorgho-Arachide	98	10,50 a	5,48 a	5,89 a	4,00 b	8,25 a	8,50 ab	11,00 a

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 35. Dégâts moyens des lépidoptères foreurs de tiges sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	taux d'infestation ²	Nombre Larves/tige attaquée
Culture pure	57	4,69 a [*]	0,58 a
Association avec le niébé	57	4,38 a	0,56 a
Association avec l'arachide	57	4,31 a	0,76 a
Culture pure	64	9,38 a	1,13 a
Association avec le niébé	64	5,38 a	0,77 a
Association avec l'arachide	64	8,81 a	0,81 a
Culture pure	71	9,31 a	0,53 a
Association avec le niébé	71	6,25 a	0,58 a
Association avec l'arachide	71	18,75 a	0,29 a
Culture pure	78	7,50 a	0,54 a
Association avec le niébé	78	4,44 a	0,81 a
Association avec l'arachide	78	9,31 a	0,31 a

¹ Nombre de jours après semis

² Pourcentage de plants attaqués par parcelle élémentaire

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 36. Densités moyennes de populations d'insectes utiles sur le sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes ² de populations						
		Coléoptères prédateurs		Hémiptères prédateurs		hyménoptères	Dermaptères	Acaéliens
		Filet ²	Battage ³	Filet	Battage	Filet	Battage	Battage
Sorgho	26	0,00 a	-	1,42 a	-	1,75 b	-	-
Sorgho-Niébé	26	0,00 a	-	1,46 a	-	4,00 a	-	-
Sorgho-Arachide	26	0,00 a	-	0,82 a	-	3,42 a	-	-
Sorgho	33	0,00 a	-	1,08 a	-	1,58 b	-	-
Sorgho-Niébé	33	0,00 a	-	2,15 a	-	4,83 a	-	-
Sorgho-Arachide	33	0,00 a	-	1,82 a	-	3,25 a	-	-
Sorgho	40	0,00 a	-	1,42 a	-	1,58 b	-	-
Sorgho-Niébé	40	0,00 a	-	2,53 a	-	4,00 a	-	-
Sorgho-Arachide	40	0,00 a	-	1,64 a	-	3,50 a	-	-
Sorgho	47	-	2,50 a	-	0,00 a	-	5,72 a	5,32 a
Sorgho-Niébé	47	-	3,00 ab	-	0,00 a	-	5,72 a	5,36 a
Sorgho-Arachide	47	-	3,83 b	-	0,00 a	-	6,13 a	5,71 a
Sorgho	54	-	1,92 a	-	0,00 a	-	6,77 a	6,07 a
Sorgho-Niébé	54	-	4,25 b	-	0,00 a	-	6,99 a	6,50 a
Sorgho-Arachide	54	-	3,83 b	-	0,00 a	-	6,77 a	6,30 a
Sorgho	61	-	2,83 a	-	0,00 a	-	8,15 a	7,59 a
Sorgho-Niébé	61	-	4,08 b	-	0,00 a	-	7,62 a	7,09 a
Sorgho-Arachide	61	-	4,00 b	-	0,00 a	-	9,74 a	9,07 a
Sorgho	68	-	3,17 a	-	0,00 a	-	6,45 a	6,01 a
Sorgho-Niébé	68	-	4,17 a	-	0,00 a	-	7,72 a	7,19 a
Sorgho-Arachide	68	-	3,75 a	-	0,00 a	-	7,62 a	7,09 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

³ Nombre d'individus par échantillon

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 37. Rendements moyens du sorgho en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, 1990.

culture	Rendements moyens en grains (Kg/ha)	
	Gampela	Farako-bâ
Culture pure	1687,50 a*	980,39 a
Association avec le niébé	1703,34 a	1030,30 a
Association avec l'arachide	1586,67 a	969,62 a

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

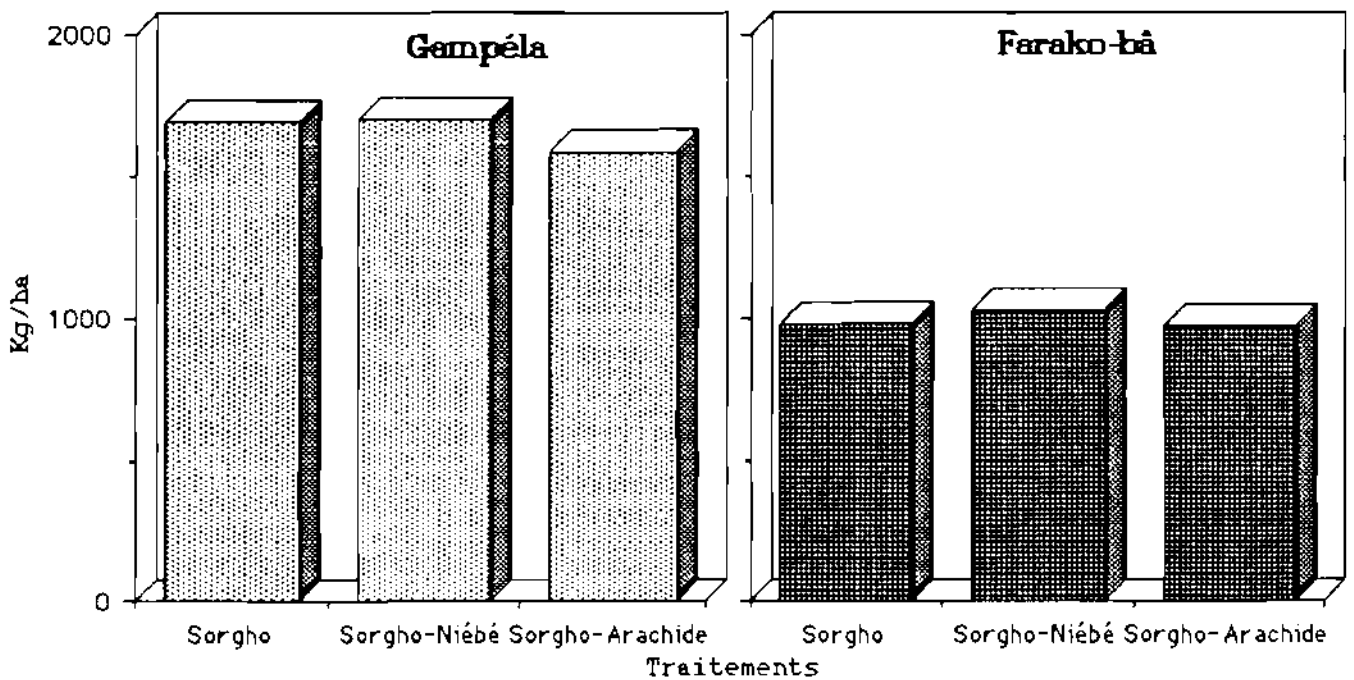


Figure 34. Effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les rendements en grains du sorgho, 1990

Chapitre IX. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés au mil au champ

A l'instar du sorgho, le mil, *Pennisetum typhoides*, constitue une céréale de très grande importance dans l'ensemble de la zone sahélienne d'Afrique occidentale. L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, conjuguées à la forte pression dévastatrice des insectes ravageurs dans cette région font que, pour éviter les pertes totales des récoltes, les agriculteurs cultivent le mil beaucoup plus en association avec d'autres plantes qu'en culture pure. Les associations les plus couramment rencontrées impliquent le mil hâtif et le sorgho, ou le mil et les légumineuses, notamment le niébé et l'arachide. En Afrique occidentale, seulement 1 à 13% des champs de mil seraient en culture pure (Sawadogo et al., 1985).

Dans la présente étude, nous avons essayé d'évaluer l'impact de l'association du mil avec le niébé et l'arachide sur les populations de principaux insectes ravageurs du mil. L'effet de l'association sur les populations des arthropodes utiles (prédateurs et parasitoïdes) sur le mil, ainsi que l'effet sur les rendements en grains du mil ont également été investigués.

Matériels et méthodes

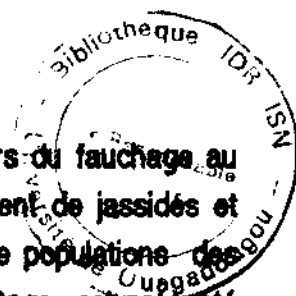
L'essai a eu lieu à Gampéla uniquement avec 3 traitements qui sont : (1) Mil (IKPM 1) en culture pure; (2) Association Mil (IKPM 1) - Niébé (TVx 3236); (3) Association Mil (IKPM 1) - Arachide (TS 32-1). Afin d'éviter de nous répéter inutilement, nous demandons au lecteur de se rapporter à la section "Matériels et méthodes" du chapitre sur le sorgho, car les procédures et matériels utilisés ici ont été similaires à ceux précédemment décrits pour le sorgho.

Résultats et discussion

Les insectes ravageurs

Les homoptères. Les populations des homoptères ont été collectées au cours du fauchage au filet et au battage des plants de mil. Ces populations étaient composées essentiellement de jassidés et de cercopidés. L'effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les densités de populations des homoptères sur le mil, estimées par les méthodes d'échantillonnage du filet et du battage, est présenté dans le tableau 38. L'association avec les 2 légumineuses a significativement réduit les populations de ces ravageurs sur le mil, par rapport aux populations collectées sur le mil en culture pure.

Les coléoptères phytophages. Comme le montre le tableau 38, les densités de populations des coléoptères phytophages sur le mil en culture pure, estimées par les méthodes du filet et du battage des plants, ont été, au cours de la plupart des dates d'échantillonnage, significativement plus élevées que celles observées dans les parcelles d'association avec les légumineuses. L'association de cultures a, ainsi donc, réduit le développement des infestations des populations de ces insectes nuisibles sur les organes végétatifs du mil. Bien que plus importantes dans les parcelles de culture pure et d'association avec l'arachide, les populations des mêmes insectes dans les épis n'étaient pas significativement différentes dans les 3 traitements (Tableau 39).



Les hémiptères phytophages. Les populations des hémiptères phytophages sur le mil dans les 3 traitements étaient composées principalement de miridés. Les densités de populations de ces ravageurs dans les 3 agro-écosystèmes ont été très peu affectées par l'association avec le niébé ou l'arachide (Tableau 38 et 39). En effet, les densités de populations de ces insectes nuisibles sur le mil dans les 3 agro-écosystèmes n'ont été significativement différentes qu'à 2 dates d'échantillonnage au cours du fauchage au filet.

Les lépidoptères. L'effet de l'association du mil avec le niébé ou l'arachide sur les densités de populations des larves de lépidoptères dans les tiges et les épis est présenté dans les tableaux 38 et 39, respectivement. L'évaluation des taux d'infestations du mil par les foreurs de tiges dans les 3 traitements a révélé des pourcentages de tiges attaquées significativement plus importants dans les parcelles de mil en culture pure que dans celles de mil associé aux légumineuses (Tableau 40). Même si les taux d'infestations dans l'association mil-arachide ont été, la plupart du temps, supérieurs à ceux observés dans l'association mil-niébé, aucune différence significative n'est apparue entre les 2 systèmes d'association. Il ressort également du tableau 40 que le nombre de larves par tige attaquée a été aussi significativement plus élevé dans la culture pure que dans les parcelles d'association avec les légumineuses. Plusieurs auteurs ont observé de réductions similaires des infestations des lépidoptères foreurs des tiges de céréales dans des systèmes de cultures associées. D'après Amoako-Atta et al. (1983), Les plants de niébé dans les associations sorgho-niébé, agiraient par un effet de résistance associée, retardant ainsi le développement et l'établissement des populations de *Chilo partellus* sur la céréale. La présence des plants de niébé perturbe le stimulus visuel, ou la perception de ce stimulus, qui attire les insectes borers sur la céréale hôte, et particulièrement les femelles en quête de sites pour l'oviposition.

Les arthropodes utiles

Les coléoptères prédateurs. Les staphilinidés ont constitué l'essentiel des populations collectées. Comme le montre les tableaux 38 et 41, les coléoptères prédateurs ont été collectés uniquement au cours du battage et sur les épis. Les densités de populations de ces prédateurs sur les parties végétatives (Tableau 39) et sur les épis (Tableau 40) du mil dans les parcelles d'association avec les légumineuses ont été significativement plus élevées que celles observées dans la culture pure de mil.

Les hémiptères prédateurs. Les hémiptères prédateurs n'ont été collectés qu'au cours du fauchage au filet. Les densités de populations de ces prédateurs dans les différents traitements ne présentaient pas de différences significatives entre elles (Tableau 40).

Les dermaptères. Les dermaptères ont été collectés au cours du battage des plants et dans les épis. Les densités de populations de ces insectes n'ont pas été significativement différentes ni sur les parties végétatives, ni dans les épis dans les différents traitements (Tableau 39 et 40).

Les acariens. Les acariens ont été collectés lors du battage des plants et dans les épis. Dans ces 2 types d'échantillons aucune différence significative n'a été observée entre les densités de populations

des acariens sur le mil dans les 3 agro-écosystèmes étudiés (Tableaux 38 et 40).

Les rendements en grains du mil. L'effet de l'association avec le niébé ou le mil sur les rendements en grains du mil est présenté dans le tableau 42. Il ressort de ce tableau que l'association avec les légumineuses n'a pas significativement affecté les rendements en grains du mil, même que les rendements du mil dans les parcelles d'association avec l'arachide ou le niébé ont été plus élevés que ceux du mil dans les parcelles de culture pure (Figure 37). Ces résultats peuvent provenir du supplément d'azote dont ont pu bénéficier les plants de mil dans les parcelles d'association. Mais il faut ajouter aussi que les forts taux d'infestations des tiges par les borers dans la culture pure ont eu un impact négatif sur le nombre de tiges, et partant, les épis récoltés dans ce traitement. Sawadogo et al. (1985) ont aussi observé des rendements en grains du maïs associé au niébé supérieurs à ceux du maïs en culture pure. L'association du mil avec l'arachide a engendré un avantage en rendement global de 36% (LER = 1,36) sur la culture pure.

Conclusions

L'association du mil avec le niébé ou l'arachide a eu pour effet de réduire les populations de certains insectes nuisibles du mil tels que les homoptères, les coléoptères phytophages, et les lépidoptères foreurs de tiges. Les dégâts de ces derniers ont été également réduits de manière significative dans les associations. Les populations des autres insectes nuisibles comme les hémiptères phytophages, n'ont toutefois pas été affectées par l'association du mil avec le niébé ou l'arachide.

Il ressort de cette étude que les populations de plusieurs insectes utiles notamment les coléoptères prédateurs et les hyménoptères, ont été largement favorisées par l'association avec les légumineuses. Néanmoins, les populations des dermaptères et des acariens n'ont pas subi d'effet significatif provenant de l'association de cultures.

Le fait d'associer le mil avec le niébé ou l'arachide a positivement affecté les rendements en grains de la céréale. En effet, le mil dans les associations, particulièrement celle avec le niébé, s'est révélé plus productif que le mil en culture pure.

Tableau 36. Densités moyennes de populations d'insectes phytophages sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations					
		Homoptères		Coléoptères		Hémiptères	
		Filet ²	Battage ³	Filet	Battage	Filet	Battage
Mil	26	4,75 a*	-	3,92 a	-	1,67 ab	-
Mil-Niébé	26	2,00 b	-	1,39 b	-	2,85 a	-
Mil-Arachide	26	2,00 b	-	1,09 b	-	1,18 b	-
Mil	33	5,08 a	-	3,92 a	-	1,25 a	-
Mil-Niébé	33	2,83 b	-	1,84 a	-	2,53 a	-
Mil-Arachide	33	2,58 b	-	1,36 b	-	1,91 a	-
Mil	40	6,00 a	-	4,58 a	-	1,42 b	-
Mil-Niébé	40	2,67 b	-	2,31 b	-	3,62 a	-
Mil-Arachide	40	3,50 b	-	1,36 b	-	2,55 ab	-
Mil	47	-	4,92 a	-	7,75 a	-	5,50 a
Mil-Niébé	47	-	2,00 b	-	5,25 b	-	5,17 a
Mil-Arachide	47	-	2,36 b	-	3,83 b	-	4,83 a
Mil	54	-	5,42 a	-	18,75 a	-	5,50 a
Mil-Niébé	54	-	2,85 b	-	3,83 b	-	4,33 a
Mil-Arachide	54	-	2,55 b	-	3,08 b	-	4,17 a
Mil	61	-	7,00 a	-	8,83 a	-	5,17 a
Mil-Niébé	61	-	3,00 b	-	3,83 c	-	5,25 a
Mil-Arachide	61	-	3,82 b	-	5,33 b	-	5,50 a
Mil	68	-	6,25 a	-	8,00 a	-	5,92 a
Mil-Niébé	68	-	2,46 b	-	4,17 b	-	5,00 a
Mil-Arachide	68	-	2,91 b	-	4,50 b	-	5,58 a

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

³ Nombre d'individus par échantillon

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement; au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 39. Densités moyennes de populations d'insectes et d'acariens dans les épis du mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

culture	n.JAS ¹	Densités moyennes de populations par ou épi						
		Coléoptères prédateurs	Coléoptères phytophages	Hémiptères	Lépidoptères	Hyménoptères	Dermaptères	Acariens
Mil	71	1,25 b*	12,50 a	4,00 a	0,00 a	1,75 b	4,00 a	3,00 a
Mil-Niébé	71	6,00 a	7,25 a	6,00 a	0,00 a	4,75 a	3,75 a	4,50 a
Mil-Arachide	71	4,25 a	10,00 a	4,00 a	0,00 a	3,75 a	4,00 a	3,00 a

¹ Nombre de jours après semis

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 40. Dégâts moyens des lépidoptères foreurs de tiges sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture	n.JAS ¹	taux d'infestation ²	Nombre larves/tige attaquée
Culture pure	57	6,60 a	2,25 a
Association avec le niébé	57	0,00 b	0,00 b
Association avec l'arachide	57	0,00 b	0,00 b
Culture pure	64	16,67 a	4,25 a
Association avec le niébé	64	2,63 b	0,75 b
Association avec l'arachide	64	5,80 b	1,00 b
Culture pure	71	16,89 a	3,75 a
Association avec le niébé	71	3,18 b	1,00 b
Association avec l'arachide	71	3,90 b	1,00 b
Culture pure	78	15,22 a	3,75 a
Association avec le niébé	78	3,63 b	0,75 b
Association avec l'arachide	78	4,93 b	1,25 b

¹ Nombre de jours après semis

² Pourcentage de plants attaqués par parcelle élémentaire

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

Tableau 41. Densités moyennes de populations des arthropodes utiles sur le mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

Culture n.JAS ¹		Densités moyennes ² de populations						
		Coléoptères prédateurs		Hémiptères prédateurs		hyménoptères	Dermaptères	Acaréens
		Filet ²	Battage ³	Filet	Battage	Filet	Battage	Battage
Mil	26	0,00 a*	-	2,67 a	-	2,08 b	-	-
Mil-Niébé	26	0,00 a	-	3,58 a	-	4,50 a	-	-
Mil-Arachide	26	0,00 a	-	3,18 a	-	3,92 a	-	-
Mil	33	0,00 a	-	2,25 a	-	2,33 b	-	-
Mil-Niébé	33	0,00 a	-	3,13 a	-	4,42 a	-	-
Mil-Arachide	33	0,00 a	-	3,11 a	-	4,92 a	-	-
Mil	40	0,00 a	-	2,42 a	-	2,50 b	-	-
Mil-Niébé	40	0,00 a	-	3,12 a	-	5,58 a	-	-
Mil-Arachide	40	0,00 a	-	2,55 a	-	3,42 a	-	-
Mil	47	-	2,50 b	-	0,00 a	-	4,50	6,12
Mil-Niébé	47	-	4,58 a	-	0,00 a	-	4,37	5,97
Mil-Arachide	47	-	3,58 a	-	0,00 a	-	4,83	6,56
Mil	54	-	2,17 b	-	0,00 a	-	5,27	7,24
Mil-Niébé	54	-	4,58 a	-	0,00 a	-	5,50	7,47
Mil-Arachide	54	-	3,83 a	-	0,00 a	-	5,33	8,72
Mil	61	-	2,53 b	-	0,00 a	-	6,42	8,15
Mil-Niébé	61	-	4,75 a	-	0,00 a	-	6,00	9,61
Mil-Arachide	61	-	4,17 a	-	0,00 a	-	5,69	8,42
Mil	68	-	2,75 a	-	0,00 a	-	5,08	6,90
Mil-Niébé	68	-	4,92 b	-	0,00 a	-	6,08	8,26
Mil-Arachide	68	-	3,83 b	-	0,00 a	-	6,00	7,11

¹ Nombre de jours après semis

² Nombre d'individus pour 10 coups de filet

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (Duncan's new multiple range test, 1955).

137

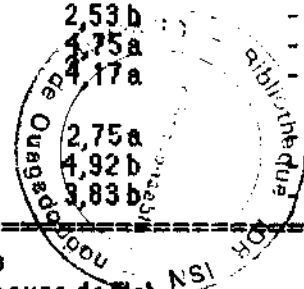


Tableau 42. Rendements moyens du du mil en culture pure et en association avec le niébé ou l'arachide, Gampela, 1990.

culture	Rendements moyens en grains (Kg/ha)
Culture pure	673,04 a
Association avec le niébé	910,00 a
Association avec l'arachide	823,33 a

* Les moyennes, dans chaque colonne et pour le même nombre de jours après semis, suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $\alpha = 0,05$ (Duncan's new multiple range test, 1955).

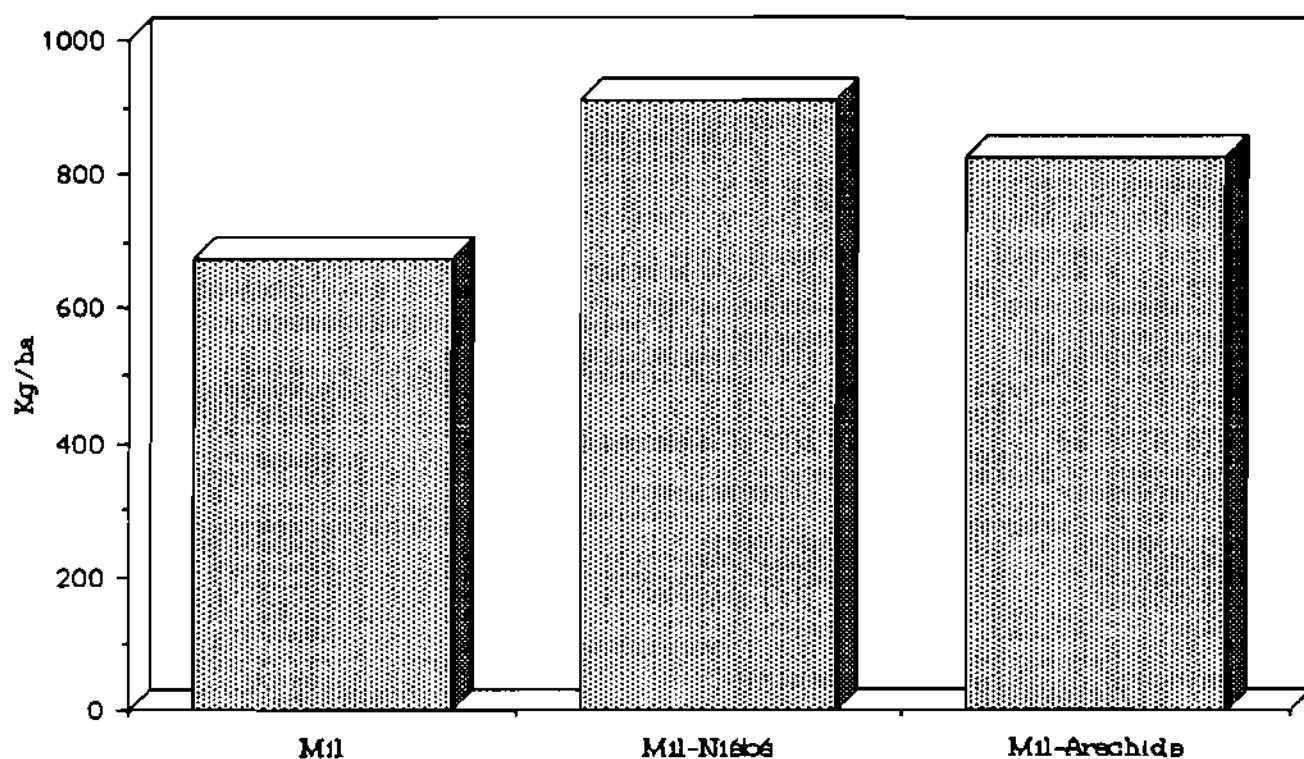


Figure 35. Effet de l'association avec le niébé ou l'arachide sur les rendements en grains du mil, Gampéla, 1990

CONCLUSION GENERALE

Les résultats obtenus au cours de cette étude supportent en grande partie les hypothèses écologiques proposées par Root (1973) sur l'effet de la diversification des espèces végétales dans un agro-écosystème donné sur les fluctuations et les densités des populations des insectes. L'étude a montré que l'association du niébé et de l'arachide avec le sorgho ou le mil réduit significativement les densités de populations de certains insectes ravageurs. C'est ainsi que, de manière quasi absolue, les populations de *Empoasca dolichi* Paoli ont été négativement affectées par l'association des 2 légumineuses avec les céréales. Le même effet a été observé sur les populations des thrips dans les fleurs des légumineuses. Il est également apparu que les associations céréales-niébé ont eu pour effet de réduire les densités de populations de *Maruca testulalis* Geyer, des punaises suceuses des gousses, des méloïdés, et celles des mouches mineuses des feuilles du niébé. L'association des 2 céréales avec le niébé ou l'arachide a significativement affecté les populations des homoptères sur le sorgho et le mil, ainsi que celles des coléoptères phytophages et des lépidoptères foreurs de tiges sur le mil.

Cependant, l'étude a également révélé que l'association de cultures n'avait pas d'effet significatif sur les populations de certains insectes phytophages, tels que les aphides et les orthoptères sur les légumineuses, ou les lépidoptères foreurs de tiges sur le sorgho. Aussi, dans le pire des cas, elle favorise le développement de certains autres insectes nuisibles, comme l'ont illustré les observations sur les hémiptères et les coléoptères phytophages dans les associations sorgho-légumineuses.

L'étude a montré que l'association céréales-légumineuses contribue efficacement à la réduction de l'intensité des dégâts des thrips, des jassidés et des insectes broyeur sur le niébé et l'arachide. L'association du niébé avec les céréales, en décalant l'apparition des populations des punaises suceuses des gousses et des méloïdés sur le niébé a également permis à cette culture de subir une intensité de dégâts moindre de ces ravageurs, par rapport au niébé en culture pure. De même, il est ressorti que l'association du mil avec les légumineuses réduit significativement les taux d'infestations des tiges de la céréale par les lépidoptères foreurs de tiges.

Les observations faites sur les populations des insectes utiles (prédateurs et parasitoïdes) dans les différents agro-écosystèmes étudiés, supportent bien l'hypothèse des ennemis naturels. En effet, à l'exception des populations de syrphidés sur les légumineuses, celles de tous les autres groupes d'insectes utiles ont été plus abondantes dans les parcelles d'association céréales-légumineuses que dans les parcelles de cultures pures. De ce point de vue, les associations sorgho-légumineuses se sont révélées plus favorables au développement des populations des insectes prédateurs et parasitoïdes sur le niébé et l'arachide.

L'association du niébé et de l'arachide avec les céréales, particulièrement avec le mil, ont affecté négativement le développement végétatif des plants des légumineuses. En effet, l'indice foliaire et l'accumulation de la matière sèche par les plants des 2 légumineuses ont été significativement réduits dans les parcelles d'association, surtout dans celles incluant le mil. De même, les rendements en gousses de l'arachide et du niébé ont été significativement plus faibles dans les parcelles d'association avec les céréales. Par contre, l'association du sorgho et du mil avec les légumineuses n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements en grains des céréales. Dans l'ensemble, les systèmes d'association céréales-légumineuses se sont montrés globalement plus productifs que les cultures pures avec des

avantages nets ayant atteint 13% (LER = 1,13) et 66% (LER = 1,66) pour les associations sorgho-arachide et sorgho-niébé, respectivement, et pour les association mil-arachide des avantages de 36% (LER = 1,36).

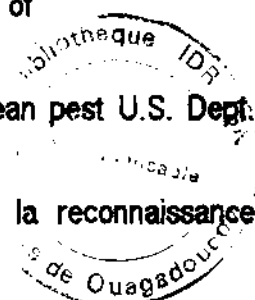
Les résultats ainsi obtenus montrent que les systèmes d'association de cultures, tout en étant agronomiquement intéressants pour la protection, l'amélioration de la structure et de la fertilité du sol, et pour l'amélioration et la stabilisation des rendements qu'ils assurent, sont aussi un moyen de régulation des densités et des dégâts des populations des insectes nuisibles aux cultures. Cette étude montre que l'évaluation de l'effet de l'association de cultures sur les fluctuations et les densités des populations des insectes ravageurs et celles des insectes utiles, peut permettre d'une part, de mieux programmer les traitements insecticides en évitant de traiter alors que le ravageur n'a pas encore atteint un seuil de dommages économiques. Et d'autre part, d'éviter de détruire les populations des insectes utiles, perturbant ainsi un équilibre écologique dont les mécanismes de régulation contribuent efficacement à la gestion des populations des insectes nuisibles. Au cours de la présente étude, il est apparu que les périodes de floraison sont celles qui connaissent la plus grande affluence des populations des insectes utiles, et plus particulièrement des parasitoïdes. Ainsi, l'utilisation d'insecticides au cours de ces périodes peut, sans doute, porter préjudice à ces insectes. La nécessité de la recherche de méthodes alternatives de contrôle efficaces, peu coûteuses et inoffensives pour l'environnement fait de l'évaluation et de l'amélioration des systèmes traditionnelles sinon des priorités, en tout cas des étapes obligatoires si l'auto-suffisance alimentaire doit être atteinte. A cet effet donc, les travaux ébauchés au cours de cette étude méritent d'être poursuivis et approfondis par des études verticales pour mieux préciser les résultats obtenus et asseoir les bases d'un système de gestion intégrée des ravageurs, utilisable par l'agriculteur sahélien.

BIBLIOGRAPHIE

- Aggarwal, V. D. 1985. Cowpea Striga research. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 335-340
- Aggarwal, V. D., S. D. Haley, et P. Guezodje. 1986. Plant type and maturity in cowpea versus *Striga* damage. Tropical Grain Legume Bulletin 33 : 27-29
- Ahmed, E. H. et C. J. Young. 1982. Composition, nutrition, and flavor of peanut. In: Pattee and Young (eds.), Peanut science and technology. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 655-688
- Akingbohunbe, A. E. 1980. Observations on the cowpea flea beetle, *Ootheca mutabilis* Sahlberg (Coleoptera : Chrysomelidae). Nigeria Journal of Entomology 3 : 19-25
- Akingbohunbe, A. E. 1976. A note on the relative susceptibility of unshelled cowpeas to the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* Fabricius) (Coleoptera : Bruchidea). Tropical Grain Legume Bulletin 5 : 11-13
- Altieri, M. A., van Schoonhoven, A., et J. Doll. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems : a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. PANS 23 : 195-205
- Altieri, M. A., van Schoonhoven, A., et J. Doll. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field Crop Research 1 : 33-50
- Altieri, M.A. et M. Liebman. 1986. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping systems. In: Multiple cropping systems (Ed. : Ch. A.Q. Francis), PP. 183-217
- Amin, P. W. et A. B. Mohammad. 1982. Groundnut pest research at ICRISAT, In: R. W. Gibbons and J. W. Martin (eds.), Proc. Int. Workshop on Groundnuts at ICRISAT, 13-17 Oct. Patancheru, A. P., India. PP. 158-166
- Amoako-Atta, B. et E. O. Omolo. 1983. Yield losses caused by the stem-/pod-borer complex within maize-cowpea-sorghum intercropping systems in Kenya. Insect Science Applications 4 : 39-46
- Amoako-Atta, B., E. O. Omolo, et E. K. Kidega. 1983. Influence of maize, cowpea and sorghum intercropping systems on stem-/pod-borer infestations. Insect Science Applications 4 : 47-57
- Andrews, D. J. 1972. Intercropping with sorghum in Nigeria. Expl. Agric. 8 : 139-150
- Andrews, D. J. 1974. Responses of sorghum varieties to intercropping. Expl. Agric. 10 : 57-63
- Andrews, D. J. 1976. Intercropping with sorghum. In: (N. G. P. Rao et L. R. House, éd.), Sorghum in the seventies. Oxford et IBH., New Delhi. PP. 3545-556
- Andrews, D. J. et A. H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: Multiple cropping, (R. I. Papendick, P. A. Sanchez, et G. B. Triplett, eds.), Am. Soc. Agron. Special Publication n° 27, Madison, Wisconsin. PP. 1-10
- Anyen-Sampong, M. 1977. Progress report in investigation on insect pests of cowpea in Ghana. Tropical Grain Legume Bulletin 8 : 20-23
- Appert, J. (1964). Les chenilles mineuses des céréales en Afrique tropicale Agronomie Tropicale 19 : 60-74.

- Auber, L. 1976. Atlas des coléoptères de France. Tome 1. Ed. Boubee, 4^e éd., 261 p.
- Aumeeridy, Y. et F. Pinglo. 1989. Phytopractices in tropical regions - A preliminary survey of traditional crop improvement techniques. UNESCO/Man & Biosphere Programme, Institut de Botanique / Laboratoire de Botanique Tropicale, Montpellier. 71 p.
- Bach, C. E. 1980. Effects of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the striped cucumber beetle, *Acalymma vittata* (Fab.). *Ecology* 61 : 1515-1530
- Balachowsky, A. S. 1962. Entomology appliquée à l'agriculture. Tome 1, Vol. 1-2 : Coléoptères. Ed. Masson & Cie. 1385 p.
- Baliddawa, C. W. 1985. Plant species diversity and crop pest control, an analytical review. *Insect Science Applications* 6 : 479-487
- Barbara, G. et N. W. Hussey. 1970. Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphids in protected cropping. *Annals of Applied Biology* 65 : 455-458
- Baudoin, J. P. et R. Maréchal. 1985. Genetic diversity in Vigna. *In*. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 3-10
- Bhatnager, V. S. et J. C. Davies. 1981. Pest management in intercrop subsistence farming. *In*. Proc. Int. Workshop on Intercropping, ICRIAT, Patancheru India. PP. 249-257
- Bhatnagar, V.S. 1989. Lutte biologique contre la chenille mineuse de l'épi de Mil, dans Sahel PV-INFO n°12, Mai 1989 : 5-8.
- Bontkes, J. E. S. 1986. Sorghum-rice intercropping, a security system for the poorly drained soils of Southern Sudan. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 34 : 193-198
- Bonzi S.M et R.T. Gahukar (1983) Repartition de la populatio d'*Atherigona soccata* Rondani (Diptere, Muscidae) et des espèces alliées pendant la saison pluvieuse en Haute-Volta. *Agronomie Tropicale* 38 : 331-334.
- Bonzi, S. M. 1982. *Chilo diffusilineus* J. De Joannis (Lépidoptère : Pyralidae) borer des tiges de céréales en cultures irriguées et pluviales en Haute Volta. *Agronomie Tropicale* 37 : 207-209.
- Booker, R. H. 1967. Observations on three bruchids associated with cowpea in Nigeria. *J. Stored Prod. Res.* 3 : 1-5
- Borror, D. J., D. M. DeLong, et C. A. Triplehorn. 1981. An introduction to the study of insects. Saunder College Publishing, 3rd ed. 827 p.
- Breniere, J. 1981. La lutte contre les ravageurs des cultures vivrières tropicales. *Agronomie Tropicale* 36 : 78-81
- Bressani, R. 1985. Nutritive value of cowpea. *In*. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 353-360
- Buchanan, G. A., D. S. Murray, et E. W. Hauser. 1982. Weeds and their control in peanuts. *In*. Pattee and Young (eds.), Peanut science and technology. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 206-249
- Capinera, J. L., T. J. Weissting, et E. E. Schweizer. 1985. Compatibility of intercropping with mechanized agriculture : Effects of strip intercropping of pinto beans and sweet corn on insect abundance in Colorado. *Journal of Economic Entomology* 78 : 354-357

- Caveness, F. E. et A. O. Ogunfowora. 1985. Nematological studies worldwide. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 275-288
- Chapman, S. R. et L. P. Carter. 1976. Crop production : Principles and practices. WH. Freeman and company, San Francisco. PP. 96-156
- Chinery, M. 1983. Le multiguide nature des insectes d'Europe en couleur, 380 p. Ed. Bordas.
- Coderre, D., L. Provencer, et J. Champagne. 1989. Effect of intercropping maize-bean on aphids and aphidophagous insects in corn fields of Southern Quebec, Canada. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 24 : 59-63
- Das, G. P. et M. A. Karim. 1986. Effectiveness of neem seed kernel oil as surface protectant against the pulse beetle, *callosobruchus chinensis* Linn. (Bruchidae; Coleoptera). Tropical Grain Legume Bulletin 33 : 30-33
- Davis, J. H. C., J. N. Woolly, et R. H. Moreno. 1986. Multiple cropping with legumes and starchy roots. In : Multiple cropping systems (Ed. : Ch. A.Q. Francis), PP. 183-217. PP. 133-160
- Dean, G. J. et N. Willing. 1973. Infection of cereal aphids by fungus *Entomophthora*. Annals of Applied Biology 74 : 133-138
- Decelle, J. 1972. Les deux phases de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidea). Bull. Ann. Soc. R. Belg. Ent. 108 : 27-28
- Deeming, J. C. 1971. Some species of *Atherigona* Rondani from Northern Nigeria, With special referece to those infuriouslyto cereal crops. Bulletin of Entomological Research 61 : 133-190.
- DeLong, D. M. 1938. Biological studies on the leafhopper *Empoasca fabae* as a bean pest U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. n° 618. 60 p.
- Delvare, G. et H. P. Arberlenc. 1989. Les insectes d'Amérique tropicale : Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD/PRIFAS. 302 p.
- Dicko, I. O. 1990. Effet de la défoliation simulée sur les composantes de rendements de l'arachide (sous presse).
- Dienier, U. L., R. E. Pettit, et K. J. Cole. 1982. Aflatoxins and other mycotoxins in peanuts. In: Pattee and Young (eds.), Peanut science and technology. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 486-519
- Dina, S. G. 1979. Synthetic pyrethroides for control of cowpea insect pests. Journal of Agricultural Science 93 : 735-747
- Doumbia, Y. O. 1990. Influence de l'association des cultures sur les insectes ravageurs et leurs dégâts (cas céréales/légumineuses et céréales/céréales). In: IER/ICRISAT (éd.), Les cultures associées au Mali. Communication présentée au séminaire sur les cultures associées au Mali, 15-17 Sept., Bamako, Mali. PP. 157-160
- Dubern, J. et M. Dollet. 1978. Observations d'une nouvelle maladie à virus en Côte d'Ivoire : maladie des taches ocellées de l'arachide. Oléagineux 33 : 175-177
- Duelli, P., M. Studer, et I. Marchand. 1979. The influence of surroundings on arthropd diversity in maize fields. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 24 : 73-76
- Emechebe, A. M. et S. A. Shoyinka. 1985. Fungal and bacterial diseases of cowpea in Africa. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 173-192

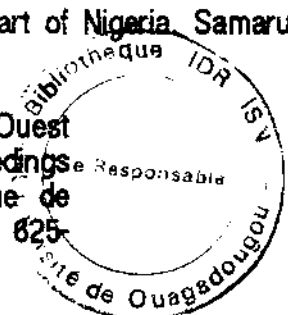


- Hammons, R. O. et D. B. Leuck. 1966. Natural cross-pollination of peanut, *Arachis hypogea* L., in presence of bees and thrips. *Agronomy Journal* 58 : 396
- Hansen, M. (non daté) Escape from the pesticide treadmill : alternatives to pesticides in developing countries - Preliminary report. ICPR/Consumers Union. 14 p.
- Hasse, V.; et J. A. Litsinger. 1981. The influence of vegetational diversity on host finding and larval survivorship of the asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*, IRRI Saturday Seminar, Entomology Dep., IRRI, Philippines.
- Henning, R. J., A. H. Allison, et D. L. Tripp. 1982. Cultural practices. In: Pattee and Young (eds.), Peanut science and technology. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 123-138
- Hosmani, M. M. 1978. *Striga* : a noxious root parasite weed. 156 p. ,Bangalor, University of Agricultural Sciences India.
- Huis, A. van. 1989. Integrated management of insect pests in tropical crops. *Tropical Entomology*, Vol. 1. Wageningen Agricultural University.
- ICRISAT (1981) Annual report 1981. Burkina Faso, Ouagadougou, Cooperative Program ICRISAT/Burkina Faso
- ICRISAT (1984) Annual report 1984. Burkina Faso, Ouagadougou, Cooperative Program ICRISAT/Burkina Faso
- ICRISAT. 1979. Annual Report 1978 International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics, Patancheru, India
- ICRISAT. 1982. Annual Report 1981 International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics, Patancheru, India
- IITA. 1975. Annual report. Ibadan, Nigeria
- IITA/SAFGRAD. 1982. Annual report. Ouagadougou, Burkina Faso
- IRRI. 1974. Annual Report 1974. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- IRRI. 1975. Annual Report 1975. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Jackai, L. E. N. et R. A. Daoust. 1986. Insect pest of cowpea. *Ann. Review of Entomol.* 31 : 95-119
- Jackai, L. E. N. et S. R. Singh. 1988. Screening techniques for host plant resistance to insect pests of cowpea. *Tropical Grain Legume Bulletin* 35 : 2-18
- Jackai, L. E. N., S. R. Singh, A. K. Raheja, et F. Wiedijk. 1985. Recent trends in the control of cowpea pests in Africa. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 233-246
- Jerath, M. L. 1968. Insecticidal control of *Maruca testulalis* on cowpea in Nigeria. *Journal of Economic Entomology* 61 : 413-416
- Johnson, R. A. et N. Gumel. 1981. Termites damage and crop loss studies in Nigeria - The incidence of termite-scarified groundnut pods and resulting kernel contamination in field and market samples. *Tropical Pest Management* 27 : 343-350
- Johnson, R. A., Lamb, R. V., et T. Wood. 1981. Termites damage and crop loss studies in Nigeria : a survey of damage to groundnuts. *Tropical Pest Management* 27 : 325-342

- Jotwani M.G et W.R Young. 1976. Recent development on vhemical controfof insect pest of sorghum. In sorghum in the seventies (Edited by rao, N.G.P. and house L.R.) P. 377-398, Oxford and IBH, New Delhi, India.
- Jotwani, M. G. et P. Sircar. 1965. Neem seed as a protectant against stored grain pests infesting wheat seed. *Indian Journal of Entomology* 27 : 160-164
- Jotwani, M. G. et P. Sircar. 1967. Neem seed as a protectant against bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), infesting some leguminous seeds. *Indian Journal of Entomology* 29 : 21-24
- Jotwani, M. G. et W. R. Young. 1976. Recent developpements on chemical control of insect pest of sorghum. In (N. G. P. Rao et L. R. House, éd.), *Sorghum in the seventies*. Oxford et IBH., New Delhi. PP. 377-398
- Kamara, C. S. 1976. The effects of excess and deficient soil moisture ont the growth and yield of cowpea. *Tropical Grain Legume Bulletin* 6 : 4-7
- Karg, J. 1989. Comparison of insect biomass in maize crop with biomass in other agricultural ecosystems. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 24 : 129-133
- Kassam A. H. et D. J. Andrew. 1975. Effects of sowing date en growth, development and yield of photosensitive sorghum at samaru, Northern Nigeria. *Experimental Agriculture* 11 : 227 - 240
- Kassam, H. A. 1976. Corps of the west African semi-and tropics. ICRISAT, Hyderabad, Indie. PP. 9-48
- Kenneth et Majmudar. 1980. Pearl millet. P. 196
- Ketring, D. L., R. H. Brown, G. A. Sullivan, et B. D. Johnson. 1982. Growth physiology. In. Pattee and Young (eds.), *Peanut science and technology*. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 411-457
- King, S. B. 1976. Sorghum diseases and their control. In sorghum in the seventies (Edited by Rao NGP and House L.R) P. 411-434 oxford and IBH, New Delhi, India.
- King, S. B. 1976. Sorghum diseases and their control. In (N. G. P. Rao et L. R. House, éd.), *Sorghum in the seventies*. Oxford et IBH., New Delhi. PP. 411-434
- Konaté, A. 1990. L'association des cultures comme moyen de lutte contre les mauvaises herbes et le *Striga*. In. IER/ICRISAT (éd.), *Les cultures associées au Mali*. Communication présentée au séminaire sur les cultures associées au Mali, 15-17 Sept. 1987, Bamako, Mali. PP. 161-167
- Kranz, J., H. Schmutterer, et W. Koch. 1981. Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales. Verlag Paul Parey, Berlin et Hambourg. 717 p.
- Lambert J. D., Arnason J. T., A. Serratos, B. J. R. Philogene, et M. A. Faris. 1987. Role of intercropped red clover in inhibiting european corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) damage to corn in Eastern Ontario. *Journal of Economic Entomology* 80 : 1192-1196
- Latum, E. B. J. van. 1984. Neem tree in agriculture - Its uses in low-input pest management. international controland the third world. Stichting Mondiaal Alternatief, Zandvoort, Holland. Ecoscript 31
- Lewis, T. et B. G. Smith. 1969. The insect fauna of pear and apple orchards and the effects of windbreaks on their distribution. *Annals of Applied Biology* 63 : 326-329

- Lynch, R. E., A. P. Ouédraogo, et A. S. Somé. 1990. Effet de la date de récolte et des variétés résistantes sur les dégâts causés à l'arachide par les termites et les mille-pattes au Burkina Faso. In. Comptes rendus de la Première réunion de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique de l'Ouest, 13-16 Sept. 1988, Centre Sahélien de l'ICRISAT, Niamey, Niger. PP. 95-98
- Lynch, R. E., A. P. Ouédraogo, et I. O. Dicko. 1985. Insect damage to groundnut in SAT Africa. *Agronomy of the groundnut crop* : 40-48
- Lynch, R. E., C. B. Garner, et L. W. Morgan. 1984. Influence of systemic insecticides on thrips damage and yield of Florunner peanuts in Georgia. *J. Agric. Entomol.* 1 : 33-42
- Manawadu, D. 1985. Varietal susceptibility of cowpea to *Aphis craccivora*. *Tropical Grain Legume Bulletin* 30 : 15-20
- Margaret, G. J. 1972. Cereal aphids, their parasites and predators caught in cages over oat and winter wheat crops. *Annals of Applied Biology* 72 : 13-25
- Mariga, I. K., D. Giga; et P. Marumba. 1985. Cowpea production constraints and research in Zimbabwe. *Tropical Grain Legume Bulletin* 30 : 9-14
- Matlon, P.J. et A. Bonkian. 1987. Profile d'unités de production dans deux villages du centre de la Haute Volta. *Etudes villageoises. Rapport n° 1*, ICRISAT, Ouagadougou, Burkina Faso
- Matteson, P. C. 1982. The effects of intercropping with cereals and minimal permetrin applications on insect pests of cowpea and their natural enemies in Nigeria. *Tropical Pest Management* 28 : 372-380
- Mbaye. D. F. 1990. Les ennemis du mil au Sahel. *Sahel PV Info* 25 : 13-22
- McCloud, D. E. 1973. Growth analysis of high yielding peanuts. *Soil and Crop Science Soc. Fla. Proc.* 33 : 24-26
- McIntire, J; 1982. Reconnaissance survey in North and West Upper-Volta. Village studies, Report n° 3, ICRISAT, Ouagadougou, Burkina Faso. 48 p.
- McWatters, K. H. 1985. Functionality of cowpea meal and flour in selected foods. In. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 361-366
- McWatters, K. H. et J.-P. Cherry. 1982. Potential of peanuts and peanut components. In. Pattee and Young (eds.), *Peanut science and technology*. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 689-736
- Mead, R. et R. D. Stern. 1981. Statistical considerations in experiments to investigate intercropping. In. *Proc. Int. Workshop on Intercropping*, ICRISAT, Patancheru India. PP. 263-275
- Mercer, P. C. 1978. Pests and diseases of groundnuts in Malawi. II - Wilts, post-harvest, physiological and minor disorders. *Oléagineux* 33 : 619-624
- Metcalf, R. L. et W. H. Luckmann. 1975. *Introduction to insect pest management*. John Wiley & Sons, New York, London. 527 p.
- Miller, F. R. 1980. Croissance et développement du sorgho *Etude FAO : Production végétale et Protection des plantes n° 19* pp 3-13
- Miller, F. R., D. K. Barnes et H. J. Cruzado. 1968. Effect of tropical photoperiods on the growth of sorghum in 12 monthly plantings. *Crop science* 8 : 499-502.

- Miller, J. C. et G. C. J. Fernandez. 1985. Selection for enhanced nitrogen fixation in cowpea. In. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 317-326
- Misari, S. M. 1975. Insects and other arthropod pests of groundnuts in Northern Nigeria. Samaru Agric. Newsletter 1 : 4-9
- Moss, J. P., A. K. Singh, D. C. Sastri, X. Zhang, et D? V. R. Reddy. 1990. The application of biotechnologies to groundnut, *Arachis hypogea* L., with special reference to developing countries. In. Proc. Int. Symposium on Plant Biotechnologies for developing countries. CTA, FAO, 20-30 June 1989, Luxembourg. PP. 95-100
- Moule, C. 1980. Céréales - Phytotechnie spéciale. Technique d'avenir (Agriculture). Ed. La Maison Rustique. PP. 281-294
- Muleba, N; et H. C. Ezumah. 1985. Optimizing cultural practices for cowpea in Africa. In. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 291-298
- Mulongoy, K. 1985. Nitrogen-fixing symbiosis and tropical ecosystems. In. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 309-316
- N'Daye, A. 1990. L'arachide au Sénégal : productions connexes et recherche. In. Comptes rendus des la Première réunion de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique de l'Ouest, 13-16 Sept. 1988, Centre Sahélien de l'ICRISAT, Niamey, Niger. PP. 69-74
- Ng, N. Q. et R. Maréchal. 1985. Cowpea taxonomy, origin and germ plasm. In. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons. PP. 11-22
- Norman, D. W. 1974. Crop mixture under indigenous conditions in the Northern part of Nigeria. Samaru Research Bulletin 205 : 130-144
- Nwanze, K. F. 1981. les borers des tiges des céréales en Afrique de l'Ouest Sahélienne : Distribution, importance relative et contrôle. In Proceedings lutte biologique contre les ravageurs et ses possibilités en Afrique de l'Ouest, 9-13 Février 1981, Dakar, Sénégal pp 109-115, Projet USAID 625-0928 II
- Nwanze, K. F. 1985. Sorghum insect pests in West Africa. In Proc. International Sorghum Entomology Workshop, 13-21 July 1984, Texas, a & m University, College station TX, USA, Patancheru, A. P 502324, India: ICKRISAT. PP. 37-43
- Nwanze, K. F. 1988. Distribution and seasonal incidence of some major insect pest of sorghum in Burkina Faso. Insect Sci. Applic 9 : 313-321.
- Nwanze, K. F. 1989. Insect pest of pearl millet in sahelian west Africa I. *Acigona ignefusalis* (Pyralidae, Lepidoptera) : distributions, population dynamics and assessment of crop damage. Tropical Pest Management 35 (2) : 137-142.
- Nyvall, R. F. 1979. Field crop diseases handbook. Avi publishing company, Inc. PP. 55-265
- Ochse, J. J., J. Soule, M. J. Dijkman, et C. Wehlbourg. 1970. Tropical and subtropical agriculture. Vol. II. The MacMillan company, Collier MacMillan LTD. London. PP. 1076-1285



- Ogwaro, K. 1983. Intensity of stem-borers in maize and sorghum, and the effect on yield under different intercropping patterns. *Insect Science Applications* 4 : 33-37
- Olaiya, J. I. et A. E. Akingbohunbe. 1981. Studies on the life history and life stages of the black cowpea moth, *Cydia ptychora*. *Insect Science Applications* 1 : 151-160
- Pandey, R. K. et A. T. Ngarm. 1985. Agronomic research advances in Asia. *In*. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 299-308
- Pawar, C. S. V. S. Bathnagar, et D. R. Jadhav. 1985. Heliothis species and their larval parasitoids on sole and intercrop safflower in India. *Insect Science Applications* 6 : 701-704
- Perfecto, I., B. Howith, J. Vandermeer, B. Schultz, H. McGuinness, et A. Dossantos. 1986. Effects of plant diversity and density on the emigration rate of two ground beetles, *Harpalus pennsylvanicus* and *Evarthrus sodalis* (Coleoptera : Coccinellidae), in a system of tomatoes and beans. *Environmental Entomology* 15 : 1028-1031
- Perrin, R. M. 1975. The role of the perennial stinging nettle, *Urtica dioica*, as a reservoir of beneficial natural enemies. *Annals of Applied Biology* 81 : 289-297
- Perrin, R. M. 1976. Host plant relationships of the cowpea pod borer, *Cydia ptychora* (Meyr.). *Tropical Grain Legume Bulletin* 5 : 10
- Perrin, R. M. 1977. Pest management in multiple cropping systems. *Agro-ecosystems* 3 : 93-118
- Perrin, R. M. 1977. Screening for resistance in cowpea to *Cydia ptychora*. *Tropical Grain Legume Bulletin* 8 : 17-19
- Pimentel, D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America* 120 : 97-100
- Pimentel, D. et D. Andow. 1984. Pest management and pesticide impact. *Insect Science Applications* 5 : 141-149
- Poku, J. A. et I. O. Akobundu. 1985. Weed management designed in smallholdings. *In*. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 327-334
- Poos, F. W. 1941. On the causes of peanut "pouts". *Journal of Economic Entomology* 34 : 727-728
- Porter, D. M., D. H. Smith, et R. Rodriguez-Kabana. 1982. Peanut plant diseases. *In*. Pattee and Young (eds.), *Peanut science and technology*. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 326-410
- Price, P. W. 1976. Colonization by arthropods : non-equilibrium communities in soybean field. *Environ. Entomol.* 5 : 605-611
- Quebral, F. C., D. A. Benigno et D. P. Pua. 1976. Progress report on studies of the effect of viruses on the yield of peanut. *Tropical Grain Legume Bulletin* 6 : 17-18
- Rachie, K. O. 1985. Introduction. *In*. S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons.
- Ralph, C. M., J. T. Arnason, J. D. Lambert, P. Isabelle, H. D. Voldeng, et D. L. Smith. 1989. Reduction of european corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) damage by intercropping corn with soybean. *Journal of Economic Entomology* 82 : 1455-1459

- Ram, S., M. P. Gupta et B. D. Patil. 1989. Pest management in fodder cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., through mixed and inter-cropping in India. *Tropical Grain Legume Bulletin* 35 : 345-347
- Raman, K. V. 1977. Leafhopper resistance in cowpea. *Tropical Grain Legume Bulletin* 8 : 14
- Raman, K. V., S. R. Singh et H. F. van Emden. 1978. Yield losses in cowpea following leafhopper damage. *Journal of Economic Entomology* 71 : 936-938
- Raman, K. V., S. R. Singh et H. F. van Emden. 1980. Mechanism of resistance to leafhopper damage in cowpea. *Journal of Economic Entomology* 73 : 484-488
- Reddy, M. S. et R. W. Willey. 1981. A study of pearl millet/ groundnut intercropping with particular emphasis on the efficiencies of leaf canopy and rooting pattern. *In*. Proc. Int. Workshop on Intercropping, ICRISAT, Patancheru, India. PP. 202-209
- Redinger, L. M. et R. Davis. 1982. Insect control in postharvest peanut. *In*. Pattee and Young (eds.), Peanut science and technology. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 520-570
- Risbec, J. 1950. La faune entomologique des cultures au Senegal et au Soudan français II : Contribution à l'étude des Protoctrupidae, Gouv. Gén. AOF (Ed.), 639 p.
- Roman, E. 1931. La coque de nymphose de la bruche du haricot (Coll., Lariidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.* 10 : 162-166
- Root, R. B. 1973. Organisation of a plant-arthropd association in simple and diverse habitats : the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43 : 95-124
- Rossel, H. W. 1977. Preliminary investigation on the identity and ecology of th legume virus diseases in Northern Nigeria. *Tropical Grain Legume Bulletin* 8 : 41-47
- Rossion, J. 1976. Les iules déprédateurs de l'arachide au Sénégal : Résultats récents obtenus en matière de lutte chimique. *Oléagineux* 31 : 327-333
- Salifu, A. B. 1984. A greenhouse technique for evaluating cowpea resistance to cowpea flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom). *Tropical Grain Legume Bulletin* 29 : 7-13
- Sankara, P. et A. Minoungou. 1990. Production et zones de production de l'arachide au Burkina Faso. *In*. Comptes rendus des la Première réunion de l'ICRISAT sur l'arachide en Afrique de l'Ouest, 13-16 Sept. 1988, Centre Sahélien de l'ICRISAT, Niamey, Niger. PP. 35-38
- Sawadogo, S., J. G. Nagy, et H. W. Ohm. 1985. les cultures associées céréales-niébé au Burkina Faso. *In*. (H. W. Ohm et J. G. Nagy, éd.), Technologies appropriés pour les paysans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. PP. 296-308
- Sawadogo, S; et M. O. Kaboré. 1985. Le point de la recherche sur les cultures associées en zones sahelio-soudanienne du Burkina Faso. *In*. Regional Workshop on Intercropping in the sahelian and sahelio-soudannian zones of West Africa, Niamey, 7-10 Nov. PP. 32
- Sepsawadi, P., Meksongee B, et F.W Knapp. 1971. Effectiveness of various insecticides against a sorghum shoot fly *Journal of Economic Entomology* 64 (6) : 1509 - 1511

- Shands, W. A., G. W. Simpson et R. H. Stroch. 1972. Insect predators controlling aphides on potatoes. 3. In small plots separated by aluminum flashing strip-coated with a chemical barrière and fields. *Journal of Economic Entomology* 65 : 799-803
- Shetty, S. V. R. et M. R. Rao. 1981. Weed-management studies in sorghum/pigeon-pea and pearl millet /groundnut intercrop systems - Some observation. In Proc. Int. Workshop on Intercropping, ICRISAT, Patancheru, India. PP. 238-248
- Shults, B. 1988. Reduced oviposition by green lacewings (Neuroptera : Chrysopidae) on coton intercropped with corn, beans, or weedy in Nicaragua. *Environmental Entomology* 17 : 229-232
- Simpara, I. 1984. Les cultures associées : duel avenir. *Agripromo* 46 : 13-16
- Singh, R. M. et K. M. Singh. 1978. Influence of intercropping on succession and population build up of insect pest in early variety of redgram, *Cajanus cajan* (L.) Millps. *Indian Journal of Entomology* 40 : 361-375
- Singh, S. R. 1977. Cowpea cultivar resistant to insect pest in world germplasm collection. *Tropical Grain Legume Bulletin* 9 : 3-6
- Singh, S. R. 1985. Stage sur les légumineuses à graines : Entomology. IITA, Ibadan, Nigeria. 2e éd. 65 p.
- Singh, S. R. et D. J. Allen. 1979. Cowpea pest and diseases. IITA, Manual series 2, 113 p.. Ibadan, Nigeria.
- Singh, S. R. et H. F. van Emden. 1979. Insect pests of grain legumes. *Journal of Economic Entomology* 24 : 255-278
- Singh, S. R. et L. E. N. Jackai. 1985. Insect pests of cowpea in Africa : their life cycle, economic importance and potential for control. In S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 217-232
- Smartt, J. et H. T. Stalker. 1982. Speciation and cytogenetics in *Arachis*. In Pattee and Young (eds.), *Peanut science and technology*. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 21-49
- Smith, J. G. 1976a. Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on brussel sprouts. *Annals of Applied Biology* 83 : 1-13
- Smith, J. G. 1976b. Influence of crop background on natural enemies of aphids on brussel sprouts. *Annals of Applied Biology* 83 : 15-29
- Smith, J. W., Jr., et C. S. Barfield. 1982. Management of preharvest insects. In Pattee and Young (eds.), *Peanut science and technology*. Am. peanut Res. Educ. Soc. Inc., Yoakum, Texas. PP. 250-325
- Sowunmi, O. E. et A. O. Akinnusi. 1983. Studies on the use of neem kernel in the control of stored cowpea beetle (*Callosobruchus maculatus* F.). *Tropical Grain Legume Bulletin* 27 : 28-30
- Ssskabemde, K. C. 1985. Cowpea as a mixed crop. *Tropical Grain Legume Bulletin* 30 : 2-8
- Standford, R., E. W. Huddleston, et C. R. Ward. 1972. Biology and control of the sorghum midge. 3. Importance of bloom and effective residual of selected insecticides. *Journal of Economic Entomology* 65 : 796-799
- Stanek, V. J. 1985. Encyclopedie des insectes : Coléoptères. Ed. Artia, 2^e éd. 352 p.

- Steiner, K. G. 1982. Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West-Africa. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. 303 p.
- Stoop, W. A. 1986. Agronomic management of cereal/cowpea cropping systems for major toposequence land types in the West African savanna. *Field Crop Research* 14 : 391-319
- Suh, J. B., L. N. E. Jackai, et W. N. O. Hammond. 1986. Observations on pod sucking bud populations on cowpea at Mokwa, Nigeria. *Tropical Grain Legume Bulletin* 33 : 17-19
- Summerfield, R. J., Pates, J. S., E. H. Roberts, et H. C. Wien. 1985. The physiology of cowpeas. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 65-102
- Swinton, S. M., G. Muma, et L. A. Samba. 1985. Les cultures associées en milieu paysan dans deux régions du Niger : Filingué et Madarounfa. In: *Regional Workshop on Intercropping in the sahelian and sahelo-soudannian zones of West Africa*, Niamey, 7-10 Nov. PP. 17
- Tappan, W. B. 1986. Relationship of sampling time to tobacco thrips (Thysanoptera : Thripidae) numbers in peanut foliage buds and flowers. *Journal of Economic Entomology* 79 : 1359-1362
- Tappan, W. B. et D. W. Gorbet. 1979. Relationship of seasonal thrips populations to economics of control of Florunner peanuts in Florida. *Journal of Economic Entomology* 72 : 772-776
- Taylor, T. A. 1969. Preliminary studies on the integrated control of the pest complex on cowpea, *Vigna unguiculata* Walp., in Nigeria. *Journal of Economic Entomology* 62 : 900-902
- Taylor, T. A. 1974. Observations on the effect of initial population densities in culture and humidity on the production of "Active" females of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidea). *J. Stored Prod. Res.* 10 : 113-122
- Taylor, T. A. 1974. On the population dynamics of *Taeniothrips sjostedti* (Tryb.) (Thysanoptera : Thripidae) on cowpea and an alternative host, *Centrosema pubescens* Benth., in Nigeria. *Rev. Zool. Afr.* 88 : 689-702
- Teetes G. L., W. R. Young et M. G. Jotwani. 1980. Insectes nuisibles du sorgho Etude FAO : Production végétale et Protection des plante n°19. P. 14-38.
- Teetes, G. L., K. V. S. Reddy, K. Leuschner, et L.R. House. 1983. Manuel d'identification des insectes nuisibles au sorgho. ICRISAT, Bulletin D'information n° 12, 124 p.
- Teetes, G. L., Reddy, K. V. S., Leuschner K. et L. R. House .1983. Manuel d'identification des insectes nuisibles au sorgho. ICRISAT, Bulletin d'information n° 12, ICRISAT, Patanchera, Inde. 124p
- Teetes, G.L. 1980. Sorgho resistant aux insectes Etude FAO : Production végétale et Protection des plantes n° 19. P. 39-52
- Teetes, G.L. 1985. Sorghum midge biology, population dynamics, and integrated pest management. In Proc. International Sorghum Entomology Workshop, 13-21 July 1984, Texas, a & m University, College station TX, USA, Patancheru, A. P 502324, India: ICKRISAT. PP. 233-247
- Thottappilly, G. et H. W. Rossel. 1985. Worldwide occurrence and distribution of virus diseases. In: S. R. Singh et K. O. Rachie (eds.), *Cowpea research, production and utilization*. John Wiley & Sons. PP. 155-172
- Thouvenel, J.-C., C. Fauquet, et D. Laniy. 1978. Transmission par la graine du "Clump" de l'arachide. *Oléagineux* 33 : 503-504



- Tourte, R. 1974. Reflexions sur les voies et moyens d'intensification de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. *Agronomie Tropicale* 29 : 917-946
- Traoré, D., A. Séré, G. Thiombiano, et C. Toé. 1989. Rapport Annuel de Recherches, 1988. Section Entomologie, 41 p.
- Trenbath, B. R. 1981. Light-use efficiency of crops and the potential for improvement through intercropping. In: Proc. Int. Workshop on Intercropping, ICRISAT, Patancheru, India. PP. 141-154
- Usua, E. J. et S. R. Singh. 1980. Parasites and predators of the cowpea pod borer, *Maruca testulalis* (Lepidoptera : Pyralidae). *Nigeria Journal of Entomology* 3 : 100-102
- Usua, E.S. 1968. The biology and Ecology of *Busseola fusca* and *Sesamia* species in south-Western Nigeria I : Distribution and Population studies. *Journal of Economic Entomology* (61 (3) : 830 - 833
- Valk, H. C. H. G. van der et J. H. Koeman. 1988. Ecological impact of pesticide use in developing countries. Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, The Netherlands. 102 p.
- Vanderlip, RL et H. E Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Agronomy Journal* 61 : 13-16.
- Veeresh, G.K. 1985. Importance of soil insect pests in relation to sorghum production. In Proceeding of the International sorghum entomology Workshop, 15-21 July 1984, Texas A&M university, College station, TX, USA, Patancheru, A.P. S02344, India: ICRISAT. P: 105-112.
- Viaud, P. 1983. La projection des légumineuses contre les bruches : *Vigna unguiculata* *Callosobruchus maculatus* (Ccl.). *Bull. Soc. Ent. Fr.* 88 : 241-249
- Villiers, A. 1977. Hémiptères de France. Ed. Boubes. 301 p.
- Vora, V. J., R. K. Bharodia, et M. N. Kapadia. 1985. Pests of oilseed crops and their control - Groundnut. *Pesticides* 27 : 19-22
- Waliyar, F. et M. Abadie. 1978. La pénétration du mycelium d'*Aspergillus flavus* Link. dans le tégument séminal de l'arachide après contamination artificielle. *Oléagineux* 33 : 447-453
- Weel
Well, J. J. van der et A. van Huis. 1989. Integrated pest management in the tropics : Needs and constraints of information and documentation, a feasibility study. Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Wageningen Agricultural University. 84 p.
- Whyte, R. O., Nilsson-Lessner, G., et H. C. Trumble. 1953. Vigna : cowpea. In: Legume in agriculture. FAO Agricultural Studies n° 21, FAO, Rome. PP. 342-344
- Willem, B. C. 1982. Multiple cropping and tropical farming systems. West view Press Inc. 156 p.
- Willey, R. W. 1979. Intercropping - Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Research* 32 : 1-10
- Young W.R. et G.L. Teetes. 1977. Sorghum entomology Annual reviews of Entomology 22 : 193 -218
- Zambettakis, C. 1978. Tacteurs de résistance à l'*Aspergillus flavus* Link. des arachides en conservation. *Oléagineux* 33 : 30-33